Untersuchungen über die morphogene Klimakomponente der permischen Eiszeit Indiens

Von

Bergrat Fritz Kerner v. Marilaun
k. M. k. Akad.

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. März 1917)

Das paläoklimatische Problem des bis zum Meeresspiegel kühlen Tropenklimas ist bisher nur betreffs der thermischen Existenzbedingungen küstennahen Gletschereises rechnerisch untersucht worden. Woeikof faßte das Ergebnis seiner diesbezüglichen Rechnung über Luftabkühlung durch Eisschmelze in den Satz zusammen: »Jedenfalls aber ist ersichtlich, daß auch unter dem Äquator Verhältnisse denkbar sind und wahrscheinlich existiert haben, welche Gletscher möglich machen.«[1] Die geographischen Voraussetzungen für den Eintritt der besagten Existenzbedingungen wurden aber bisher nur im allgemeinen erwogen. Man zog da außer dem ganz unerläßlichen Bestande von Gebirgen besonders einen Zutritt kalter Meeresströmungen in Betracht. Die gegen die Eignung solcher Ströme als Förderer tropischer Vergletscherungen erhobenen Einwände[2] ließen sich wohl widerlegen,[3] dagegen blieb man in betreff des Höchstmaßes der in niedrigen Breiten möglichen Abkühlungen im ungewissen.

---

[1] A. Woeikof, Gletscher und Eiszeiten in ihrem Verhältnisse zum Klima. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1881, p. 17.

[2] E. Philippi, Über die permische Eiszeit. Zentralbl. f. Min., Geol. u. Pal., 1908, p. 359.

[3] E. Koken, Indisches Perm und die permische Eiszeit. Nachträge. Zentralbl. f. Min., Geol. u. Pal., Stuttgart 1908, p. 455.

Es fand sich so hier ein betretenswertes Feld für die von mir begonnenen Versuche vor, durch Darstellung der Lufttemperaturen auf der Erdoberfläche als Funktion der Land- und Meerverteilung zu einer Kenntnis möglicher morphogener Komponenten der Vorzeitklimate zu gelangen. Das Problem der tropischen Eiszeiten umfaßt klimatische Rätsel von verschiedener Lösungsschwierigkeit. Ein Bestand von Gletschern mit nur schmalen, tief hinabreichenden Zungen in der Serra do mar Brasiliens ist ein von nicht so vielen und so dichten Schleiern umwobenes Geheimnis wie eine Inlandeisentwicklung mit breiten, Eisberge abstoßenden Stirnen über dem Aravalligebirge und auf den Satpurabergen Indiens. Für einen Versuch, das erstere Phänomen zu erklären, kämen die Endwälle der jetzigen Gletscher auf der Südinsel von Neuseeland als Ausgangspunkte in Betracht. Doch würde es sich wegen der sehr ungleichen klimatischen Bedingungen keineswegs nur um den Nachweis einer möglichen Steigerung schon bestehender Anomalien handeln. Woeikof hat aber seine kurze, an die Angaben über diluviale Moränen in den Küstengebirgen Brasiliens geknüpfte Betrachtung über tropische Eiszeiten mit dem Satze geschlossen: »Wer sich Rechenschaft davon gibt, wie wenig die Wärme vieler Gegenden auf unserer Erde der an Ort und Stelle empfangenen Sonnenwärme entspricht, wie sehr kalte Meeresströmungen und die Eisschmelze abkühlen können und dann Wolken und Nebel die direkte Wirkung der Sonnenstrahlen mindern, der wird in der Vergletscherung Brasiliens keine physikalische Unmöglichkeit sehen . . . .«[1]

Das aus der Schrammung der Unterlage der Talchirs von Chanda, Bap und Pokaran gefolgerte zentral- und nordindische Inlandeis, bei dessen Erklärungsversuch auf morphologischer Basis Koken auch zu dem Schlusse kam, daß man »bei Einführung mehrerer superlativer Voraussetzungen weder auf Unmögliches noch Unbegreifliches stoße«[2], ist aber ein sehr schwieriges Problem.

---

[1] L. c., p. 52.

[2] L. c., p. 545.

Die folgende Untersuchung hat nicht eine Lösung dieses Problems zum Ziele. Sie bezweckt klimatologische Feststellungen, die zu den unerläßlichen Vorarbeiten für jeden ernsthaften Erklärungsversuch der permischen Eiszeit Indiens zählen. Es soll eine Beantwortung der Frage versucht werden, was für thermische Verhältnisse sich bei der für die Paläodyas vermuteten Land- und Meerverteilung für Südasien ergeben würden. Der Versuch soll unter rein klimatologischen Gesichtspunkten erfolgen, indem von den Ergebnissen der geologischen Forschung nur das paläogeographische Bild entlehnt wird, die aus der Beschaffenheit und aus den Einschlüssen der marinen und terrestrischen Sedimente gezogenen paläoklimatologischen Schlüsse aber ganz außer Betracht bleiben. Als Grundlage für die Konstruktion von morphogenen Paläoisothermen wurde die von Frech entworfene Darstellung der Kontinente und Meere am Schluß der Steinkohlenzeit[1] gewählt.

Diese Weltkarte zeigt ein landumschlossenes Nordpolarmeer mit zwei bis in mittlere Breiten reichenden Aussackungen, von denen die westliche blind endigt, die östliche aber sich in ein subtropisches Meeresbecken fortsetzt, das westwärts mit einem großen W—O streichenden Mittelmeere in Verbindung steht und ostwärts sich in das pazifische Weltmeer öffnet. Der erste Eindruck, den man bei Betrachtung dieser Anordnung der Meere gewinnt, ist der, daß da nur sehr wenig hocherwärmtes Ozeanwasser zur Heizung der hohen Breiten dienstbar wäre.

Die nordpazifische Passattrift würde da zum großen Teil dem Lauf des jetzigen Kuro Siwo folgen und nur zum kleinen Teile — um den der Südspitze des ostarktischen Kontinents gegenüberliegenden Vorsprung des Gondwanalandes herumbiegend — in das tibetanische Meeresbecken dringen. Hier würde das Triftwasser längs der Nordküste des besagten Vorsprunges nach West weiterfließen und noch über die Nordspitze des Gondwanalandes vorstoßend, in das große

---

[1] F. Frech, Studien über das Klima der geologischen Vergangenheit. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1902, Taf. VIII.

Mittelmeer eintreten, dort im Hochsommer vielleicht noch unter dem Einflusse nordöstlicher Luftströmungen stehen, im Winter aber, und wohl auch in den Übergangsjahreszeiten, bald von Westwinden erfaßt und zur Umkehr gedrängt werden. Hierbei könnte es, auf die Südwestküste des ostarktischen Kontinents treffend, sich spalten, mit einem starken Aste eine südliche Richtung nehmen und nach Umfließung der Südspitze dieses Kontinents sich mit dem Kuro Siwo vereinen, aber nur mit einem schwachen Zweige gegen NW ablenken. Im kleinen Nordpolarmeere würde bei dieser Sachlage eine grimmige Winterkälte und eine sehr niedrige Sommertemperatur herrschen. Auch die westsubarktische Bucht könnte bei ihrer starken Landumringung in der kalten Jahreszeit teilweise zufrieren und dadurch auch die Entwicklung höherer Sommerwärme über sich hindern. Das breitere ostsubarktische Meer bliebe aber wohl auch im Winter ganz offen, wenn auch die über ihm auftauchenden Luftwirbel wegen des viel geringeren Temperaturunterschiedes gegen das benachbarte Land weniger tief wären als die jetzigen nordatlantischen Zyklonen.

Die Frage, wie es sich auf diesem Meere mit der Sommertemperatur verhielte, ist für jeden Erklärungsversuch einer Eiszeit in weiter südwärts liegenden Gebieten von größter Wichtigkeit und soll darum im folgenden durch Rechnung beantwortet werden. Da es sich hierbei größtenteils um Extrapolationen handelt, die naturgemäß unsicher sind, sollen die zu stellenden thermogeographischen Rechnungsaufgaben nach verschiedenen Methoden und auf verschiedener Grundlage gelöst werden. Die Differenzen zwischen ganz unabhängig voneinander gewonnenen Zahlenwerten sind bessere Verläßlichkeitsmesser als die mittleren Fehlerquadrate und wahrscheinlichen Fehler, da diese als rein arithmetische Prüfsteine bei der Beurteilung der klimatologisch bedingten Statthaftigkeit weitgehender Extrapolationen versagen.

Es sei nochmals betont, daß es sich im folgenden um einen rein klimatologischen Rechenversuch handelt, bei welchem die auf geologischem Wege erschlossenen Paläotemperaturen ganz außer Betracht bleiben. Es liegt darum

kein Anlaß vor, die von H. v. Staff gemachte Bemerkung, daß es allerdings keineswegs sicher sei, ob die arktischen und subarktischen Fusulinen zur Zeit der indischen Vergletscherung gelebt hätten,[1] als eine erwünschte Rechtfertigung für diesen Versuch in Anspruch nehmen zu müssen. Nach Angabe des genannten, fern von der Heimat allzu früh der Wissenschaft entrissenen Forschers weisen Fusulinen (es kämen hier jene von der Norddwina und Tscheskajabucht, dem Timangebirge und Ural in Betracht) auf Temperaturverhältnisse hin, die mindestens den heutigen im Mediterrangebiete entsprechen.

Klimatologischer Teil.

Geographische Analyse der Sommertemperaturen am 60., 45. und 35. Parallel.

Julitemperatur am 60. Parallel.

Um zunächst die Sommerwärme zu bestimmen, welche über der Mitte des auf Frech's Weltkarte der Altdyas eingezeichneten russischen Meeres herrschen würde, sind für die subarktische Zone thermogeographische Formeln aufzustellen. Diese können entweder die Julitemperatur auf dem 60. Parallel oder die Breitenlage der 10° Juliisotherme betreffen. Es kommen hier besonders die Verhältnisse in den beiden Lücken des subarktischen Festlandsringes in Betracht.

Die Juliwärme auf einem Punkte an der Nordküste des Pazifik läßt sich durch eine Gleichung von der Form $t = A + Bf + Cd$ darstellen, in welcher f die prozentuale Landbedeckung eines vom Meridian dieses Punktes halbierten, zwischen dem 60. und 70. Parallel gelegenen Gradfeldes von bestimmter Längserstreckung ist und d den Abstand des genannten Punktes vom Meridian von Kamtschatka angibt. Durch die erste Variable wird der temperaturerhöhende Einfluß des Festlandes nordwärts vom 60. Parallel, durch die zweite die gegen Ost zunehmende Wärmewirkung der nord-

[1] H. v. Staff, Zur Entwicklung der Fusuliniden. Zentralbl. f. Min., Geol. u. Pal., 1908, p. 699.

pazifischen Trift ausgedrückt. Das konstante Formelglied bedeutet alsdann jene Juliwärme, welche auf einem Punkte herrschen würde, der in der Mitte der Südseite eines wasserbedeckten Gradfeldes von der Größe und Position des vorgenannten läge.

Zur Gewinnung eines passenden Wertes für die Längserstreckung des besagten Feldes wurde die prozentische Landbedeckung der zwischen je zwei fünften Meridianen liegenden Teilstücke des subarktischen Festlandsringes (60 bis 70°) von 130 W v. G. bis 130 E v. G. ermittelt und hieraus die Bedeckung der von jedem fünften Meridian halbierten Felder von 10, 20, 30 und 40° Längenausdehnung bestimmt. Ein Vergleich der so erhaltenen Kurven der parastatischen Landentwicklung mit dem Gange der Temperatur ergab, daß sich letzterer am besten dem arithmetischen Mittel der 20 und 30° Felderkurve anschmiegt. Für die Wärmewirkung der Kuro Siwo-Trift ließ sich ein Wachstum in arithmetischer Progression annehmen. Die Größe d wurde in 5° Längen ausgedrückt und von $\lambda = 160$ E v. G. ab gezählt. Die so erhaltene Gleichung war:

$$t = 1\cdot 47 + 0\cdot 27\, d + 11\cdot 04 \left[\frac{1}{2}\,(f_{20} + f_{30})\right].$$

Für t ergeben sich hieraus nachstehende Werte, denen die beobachteten Temperaturen t' und die zugehörigen Werte der parastatischen Landbedeckung beigefügt seien.

λ	t	t'	$t-t'$	$\frac{1}{2}(f_{20}+f_{30})$
145 W	14·8	14·7	+ 0·1	0·966
150	14·5	14·8	— 0·3	0·951
155	13·2	13·6	— 0·4	0·845
160	11·0	11·3	— 0·3	0·671
165	9·0	9·6	— 0·6	0·511
170	7·3	7·8	— 0·5	0·383
175	6·8	6·5	+ 0·3	0·362
180	7·8	7·2	+ 0·6	0·480
175 E	9·4	9·1	+ 0·3	0·642
170	10·7	10·4	+ 0·3	0·788
165	11·6	11·4	+ 0·2	0·892
160	11·9	12·0	— 0·1	0·940
155	12·0	12·0	0·0	0·958

Die Wiedergabe der Beobachtungen durch die Formel ist eine gute. Die mittlere Abweichung beträgt nur $\pm$ 0·3, die größte nur $\pm$ 0·6. Es kann somit auch der für das konstante Glied erhaltene Wert als ein der Wahrheit nahekommender betrachtet werden.

Für den asiatischen Ast des durch die Beringsstraße bedingten Wellentales der meridionalen Wärmekurve am 60. Parallel kann man, da dort die Wärmewirkung der Kuro Siwo-Trift noch eine geringe ist, auch eine geographische Relation ableiten, in welcher diese Wirkung unberücksichtigt bleibt. Sie kommt dann aber naturgemäß in einer Selbsterhöhung des konstanten Formelgliedes zum Ausdrucke. Eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung ergibt sich da, wenn man für die parastatische Landbedeckung den Ausdruck $\frac{1}{4}(f_{10}+3f_{30})$ einsetzt.[1] Man bekommt sodann die Gleichung:

$$t = 2\cdot 56 + 10\cdot 03\, f$$

und nachstehende Zahlenwerte:

λ	t	t'	$t-t'$	$\frac{1}{4}(f_{10}+3f_{30})$
160 E	11·9	12·0	— 0·1	0·933
165	11·4	11·4	0·0	0·886
170	10·4	10·4	0·0	0·786
175	9·1	9·1	0·0	0·652
180	7·3	7·2	+ 0·1	0·469
175 W	6·4	6·5	— 0·1	0·386

Zieht man vom konstanten Gliede den für die in Betracht gezogenen Meridiane geltenden Durchschnittswert des ersten variablen Gliedes der vorigen Gleichung ab, um ersteres mit dem Anfangsgliede dieser letzteren vergleichbar zu machen, so erhält man den Wert 1·88.

[1] Bei Benutzung der Werte von $\frac{1}{2}(f_{20}+f_{30})$ wird das konstante Glied 2·83 und der konstante Faktor des variablen Gliedes 9·65 und t erhält die Werte: 11·9, 11·4, 10·4, 9·0, 7·5 und 6·3.

Zur Darstellung der Depression der Sommerwärme auf dem 60. Parallel im Hudson- und Labradorgebiete eignet sich eine Gleichung von der Form $t = A + Bf + Cf'$, in welcher f die Landbedeckung eines zwischen $\varphi = 60$ und $\varphi = 75$ nordwärts vom betrachteten Punkte liegenden Gradfeldes von bestimmter Längserstreckung und f' die Landbedeckung eines zwischen 60 und 50° südlich vom genannten Punkte gelegenen, ebenso langen Gradfeldes bedeutet. Diese Breitenabsteckung entspricht der Annahme einer fast gleichen Größe der nord- und südwärts gelegenen parastatischen Felder, da sich die Flächeninhalte der Zonen von 75 bis 60° und von 60 bis 50° wie 1·00152 : 1 verhalten. Als passende Längsausdehnung dieser Felder ergab sich 40° (gegenüber 25° im vorigen Falle). Es erscheint verständlich, daß eine sich über ein viel größeres Gebiet erstreckende Wärmedepression, wie sie die (sommerliche) nordatlantische gegenüber der nordpazifischen darstellt, auch in ihren Teilstücken eine räumlich ausgedehntere geographische Bedingtheit zeigt. Die südlichen Felder ließen sich so setzen, daß sie vom Meridian des betrachteten Punktes halbiert wurden; die nördlichen waren wegen der südsüdöstlichen Richtung des Labradorstromes um 15° gegen W zu verschieben. Der gefundene Ausdruck lautet:

$$t = 1 \cdot 40 + 10 \cdot 00 f + 5 \cdot 27 f'.$$

Die beobachteten Temperaturen t' und die Werte von f und f', welche zur Ableitung der Formel benutzt wurden, und die berechneten Wärmegrade t sind aus der folgenden Tabelle zu ersehen.

λ	t	t'	$t-t'$	f_{40}	f'_{40}
110 W	14·3	16·3	— 2·0	0·772	0·964
105	13·9	15·0	— 1·1	0·768	0·916
100	13·6	13·5	+ 0·1	0·774	0·840
95	13·3	12·6	+ 0·7	0·757	0·812
90	12·7	11·8	+ 0·9	0·703	0·811
85	12·1	11·2	+ 0·9	0·644	0·805
80	11·4	10·7	+ 0·7	0·586	0·780
75	10·6	10·0	+ 0·6	0·554	0·704
70	9·5	9·2	+ 0·3	0·498	0·604
65	8·4	8·4	0·0	0·420	0·527
60	7·2	7·6	— 0·4	0·327	0·478
55	6·5	7·4	— 0·9	0·310	0·381

Hier ist die Wiedergabe der beobachteten Werte eine viel weniger gute als im vorigen Falle, da die mittlere Abweichung $\pm 0 \cdot 7$, die größte $-2 \cdot 0$ beträgt. Es steht dies damit im Zusammenhange, daß die Juliisothermen über die Hudsonsbai in flachen Bögen hinwegziehen, während weiter südwärts die kanadischen Seen wieder eine südliche Ausbuchtung der genannten Linien bedingen. Durch die rechnerische Ausgleichung wird da die Wärmewirkung der prozentischen Landbedeckung so erhöht, daß sich für das kontinentale Gebiet im Westen der Hudsonsbai und für das Meer im Osten von Labrador zu tiefe, für die Bai selbst aber zu hohe Werte ergeben. Ein Anlaß, dem für das konstante Formelglied erhaltenen Werte ein geringeres Vertrauen zu schenken als dem bei der Analyse der Julitemperaturen über dem Beringsmeer gewonnenen, mit welchem er fast genau übereinstimmt, liegt deswegen aber nicht vor.

Auch für die Wärmedepression im Labradorgebiete läßt sich ein geographischer Ausdruck finden, in welchem nur die Landbedeckung nordwärts vom 60. Parallel als Variable auftritt, das konstante Glied aber dann einen viel höheren Wert aufweist. Man erhält da bei der Wahl von über 30 Längengrade sich erstreckenden und in gleicher Weise wie vorhin gegen W verschobenen parastatischen Feldern den Ausdruck:

$$t = 4 \cdot 57 + 9 \cdot 97 f,$$

zu welchem folgende Werte von t' und f als Rechnungsgrundlagen und folgende Werte von t als Auflösungen gehören:

λ	t	t'	$t-t'$	f_{30}
95 W	12·4	12·6	— 0·2	0·787
90	12·0	11·8	+ 0·2	0·745
85	11·2	11·2	0·0	0·662
80	10·4	10·7	— 0·3	0·586
75	9·7	10·0	— 0·3	0·513
70	9·5	9·2	+ 0·3	0·491
65	8·2	8·3	— 0·1	0·364
60	7·9	7·6	+ 0·3	0·335
55	7·4	7·4	0·0	0·287
50	7·5	7·7	— 0·2	0·298
45	8·5	8·5	0·0	0·397
40	9·1	9·0	+ 0·1	0·451

Die Beobachtungen werden hier durch die Formel recht gut wiedergegeben. Die mittlere Abweichung ist $< 0 \cdot 2$, die größte nur 0·3. Die weit bessere Anschmiegung der berechneten an die gemessenen Werte hängt aus dem früher genannten Grunde wohl mit dem Wegfalle des zweiten variablen Gliedes der vorigen Gleichung zusammen. Der Wert von A zeigt sich gegenüber dem für das Beringsmeer gefundenen um 3·1 erhöht. Diese Zunahme steht damit in Beziehung, daß die Sommertemperatur zwischen dem 60. und 50. Parallel in Nordamerika höher ist als in der Westhälfte des pazifischen Ozeans. Als mittlere Juliwärme auf dem 55. Parallel ergibt sich für das Bogenstück von 140 E v. G. bis 140 W v. G. 11·7, für den Bogen von 120 W bis 40 W dagegen 14·5. Die entsprechenden Mittelwerte für die Zone von 60 bis 50° sind 12·1 und 14·7.

Die dritte südliche Vorwölbung der Sommerisothermen am Rande des Polargebietes erheischt, da sie nicht an eine Lücke im subarktischen Festlandsringe und nur an eine Ausbuchtung des Eismeeres geknüpft ist, eine andere Verwertungsweise für den hier erstrebten Zweck. Da die besagte Wölbung am 60. Parallel schon völlig abgeflacht erscheint, kann hier nur die Aufstellung einer geographischen Relation für die Breitenlage der 10° Juliisotherme in Betracht kommen. Diese Lage auf einem Meridian Westeurasiens läßt sich durch einen Ausdruck von der Form $\varphi = A + Bf + Cd$ darstellen, in welchem f die prozentuale Landbedeckung eines von diesem Meridian halbierten, zwischen 60 und 75° gelegenen Gradfeldes von bestimmter Längserstreckung ist und d den westlichen Abstand des Meridians von 60° E v. G. angibt. Durch die erstere Variable wird der die Isothermenlage hebende, beziehungsweise erwärmende Einfluß des Festlandes nordwärts vom 60. Parallel, durch die letztere die analoge Wirkung der Golftrift ausgedrückt. Das konstante Formelglied entspricht dann jener Breitenlage, welche die 10° Juliisotherme im Halbierungsmeridian eines wasserbedeckten Gradfeldes von der Größe und Position des vorgenannten hätte.

Eine befriedigende Wiedergabe der gemessenen Werte vermittelt hier bis zum 60. östlichen Längengrade die Gleichung:

$$75-\varphi = 20\cdot82-17\cdot42 f_{10}-0\cdot60\, d,$$

in welcher $d = \frac{1}{5}(60-\lambda)$, und von 60 E ostwärts dieselbe Gleichung nach Hinweglassung ihres zweiten variablen Gliedes. Die zu den einzelnen Meridianen gehörigen Werte der berechneten $(75-\varphi)$ und gemessenen $(75-\varphi')$ Abstände der Isothermenlage von der Nordgrenze der parastatischen Gradfelder und die relativen Landbedeckungen dieser Felder sind:

λ	$75-\varphi$	$75-\varphi'$	$\varphi'-\varphi$	f_{10}
100 E	3·4	2·7	+ 0·7	1·000
95	3·4	3·0	+ 0·4	1·000
90	3·5	3·8	— 0·3	0·997
85	4·7	5·0	— 0·3	0·923
80	6·5	6·5	0·0	0·822
75	7·1	7·7	— 0·6	0·786
70	7·3	8·0	— 0·7	0·778
65	7·7	8·0	— 0·3	0·752
60	8·2	7·7	+ 0·5	0·727
55	7·6	7·7	— 0·1	0·725
50	7·9	7·9	0·0	0·672
45	8·6	8·3	+ 0·3	0·595
40	8·2	8·6	— 0·4	0·587
35	6·3	6·3	0·0	0·660
30	4·4	4·7	— 0·3	0·735
25	4·6	4·1	+ 0·5	0·690
20	5·4	4·5	+ 0·9	0·607
15	5·5	5·9	— 0·4	0·568

Die mittlere Differenz $\varphi'-\varphi$ bleibt hier $< 0\cdot4$, die größte $< 1\cdot0$, eine gewiß befriedigende Anschmiegung der berechneten Werte an die gemessenen. Die Formel erscheint aber für den mit ihrer Ableitung erstrebten Zweck insofern weniger geeignet, als ihr Anfangsglied die Depression der 10° Juliisotherme im Süden einer nur zehn Meridiangrade breiten, bis zum 60. Parallel reichenden Ausbuchtung des Eismeeres

angibt, obiger Zweck aber die Kenntnis der Isothermendepression unterhalb eines viel breiteren subarktischen Meeres erheischt.

Man findet, daß das durch das Weiße Meer bedingte Wellental und der durch das nördliche Skandinavien bedingte Wellenberg der Kurve der Landbedeckung der zehn Längengrade messenden Felder (von 60 bis 75°) in der Kurve der dreimal so langen Felder bereits verstreichen und daß die Kurve der 40° langen Felder schon einen kontinuierlichen Abfall gegen den Atlantik zeigt. Sucht man die zwischen dieser Kurve und dem Verlaufe der 10° Juliisotherme bestehende Relation für das Bogenstück von der Tajmirhalbinsel bis zum Weißen Meer, so findet man den Ausdruck:

$$75-\varphi = 21\cdot15-18\cdot31\, f_{40},$$

zu welchem für die einzelnen Meridiane folgende Werte gehören:

λ	$75-\varphi$	$75-\varphi'$	$\varphi-\varphi'$	f_{40}
105 E	3·2	2·4	+ 0·8	0·978
100	3·4	2·7	+ 0·7	0·968
95	3·7	3·0	+ 0·7	0·950
90	4·2	3·8	+ 0·4	0·925
85	4·7	5·0	— 0·3	0·899
80	5·3	6·5	— 1·2	0·865
75	5·9	7·7	— 1·8	0·831
70	6·6	8·0	— 1·4	0·796
65	7·4	8·0	— 0·6	0·750
60	8·1	7·7	+ 0·4	0·714
55	8·5	7·7	+ 0·8	0·691
50	8·6	7·9	+ 0·7	0·683
45	8·7	8·3	+ 0·4	0·680
40	8·9	8·6	+ 0·3	0·668

Hier ist die durchschnittliche Wiedergabe der gemessenen Einzelwerte allerdings nicht befriedigend. Die mittlere und größte Abweichung sind doppelt so groß wie im vorigen Falle (0·75 und 1·9 gegen 0·37 und 0·8). An den bei weitgehender Ausgleichung resultierenden Verlauf der 10° Isotherme schließt

sich die 40° Felderkurve aber gut an. Man darf darum auch den diesmal gefundenen, dem vorigen sehr nahe kommenden Wert von Δ als einen realen betrachten. Er besagt, daß südwärts von einem in breiter Front aus dem Norden bis zum 60. Parallelkreise reichenden Meere die 10° Juliisotherme bis auf $\varphi = 75 - 21 = 54°$ herabstiege. Die Sommerwärme, welche dann am Südufer dieses Meeres herrschen würde, ist nach dem Temperaturgefälle im nördlichsten Rußland zu beurteilen. Man findet, daß dort der Nordrand des kontinentalen Gebietes hoher Erwärmung mit der 16° Isotherme zusammenfällt und daß die 8° Isotherme noch die Küstenvorsprünge schneidet, so daß sich 7·5° als Luftwärme vor der Küste ergibt. Auch als mittlere Temperaturdifferenz zwischen dem 65. und 70. Parallel erhält man für das Bogenstück vom 40. bis zum 55. Meridian 8·6. Die Juliwärme am Südufer des besagten Meeres wäre sonach auf $10 - (16 - 7 \cdot 5) = 1 \cdot 5°$ oder auf $10 - 8 \cdot 6 = 1 \cdot 4°$ zu veranschlagen.

Man kommt so auf verschiedenen, voneinander unabhängigen Wegen zum Ergebnisse, daß die Juliwärme über einem von warmen Strömungen unbeeinflußten subarktischen Meere, das mit einem im übrigen landumringten Eismeere in offener Verbindung stände, am 60. Parallel zwischen 1° und 2° läge. Dieser Wert würde wenig jenen übersteigen, welcher jetzt für den Nordpol anzusetzen ist. Es erscheint dies leicht verständlich, da ja die jetzige Sommerwärme in der inneren Arktis eine durch thermische Fernwirkung der Golftrift noch etwas erhöhte ist. Man erkennt dies daran, daß sich die gegen Süd gerichtete Konvexität der Sommerisothermen zwischen Grönland und Norwegen in der Barentssee in eine gegen Nord gerichtete umkehrt.

Sehr bemerkenswert erscheint es, daß die auf verschiedene Weisen errechnete Temperatur mit jener übereinstimmt, welche jetzt in gleichem Polabstande auf der Südhalbkugel herrscht. Nach Hopfner ist die mittlere Jännertemperatur in $\varphi = 60$ S 1·7°. Es würde demnach für die Sommerwärme über einem subarktischen Meere das Ergebnis des Zusammenwirkens einer Erkaltung infolge des Abschlusses von warmen

Strömungen und einer Erwärmung infolge benachbarter großer Landentwicklung dasselbe sein, welches uns jetzt als die vereinigte Wirkung einer Abkühlung infolge allgemeiner Meeresbedeckung in der Subantarktis und einer Wärmezufuhr infolge offener Verbindung mit den südsubtropischen Meeren entgegentritt.

Julitemperatur am 45. Parallel.

Als zweites paläothermales Rechnungsziel wurde die Hochsommerwärme auf dem 45. Parallel, am Übergange des russischen in das tibetanische Meer der Paläodyas gewählt und die Erreichung dieses Zieles gleichfalls auf verschiedenen Wegen angestrebt. Es ließ sich zunächst für den Verlauf der 10° Juliisotherme im Bereich der Beringssee ein analytischer Ausdruck finden, in welchem jene Größe als Funktion der Landbedeckung zwischen dem 60. und 70. Parallel erscheint. Von der auf neueren Karten eingezeichneten scharfen Aussackung jener Isotherme gegen das Ochotskische Meer zu konnte hierbei abgesehen werden und die Messung der Abstände vom 45. Parallel auf Grund des älteren Kartenbildes erfolgen. Eine recht befriedigende Darstellung wurde durch die Formel

$$\varphi - 45 = -5 \cdot 94 + 31 \cdot 56 f_{30}$$

erzielt, in welche die Landbedeckung eines 30 Längengrade messenden, vom Meridian des betrachteten Punktes halbierten parastatischen Feldes als Variable eintritt. Die gemessenen ($\varphi' - 45$) und berechneten ($\varphi - 45$) Breitenlagen, ihre Unterschiede und die zugehörigen Werte von f enthält die folgende Tabelle.

λ	$\varphi-45$	$\varphi'-45$	$\varphi-\varphi'$	f_{30}
145 E	25·2	25·3	— 0·1	0·987
150	24·7	25·0	— 0·3	0·971
155	24·3	24·2	+ 0·1	0·960
160	23·7	23·2	+ 0·5	0·940
165	21·6	21·7	— 0·1	0·874
170	17·6	18·4	— 0·8	0·745
175	13·7	13·0	+ 0·7	0·622
180	9·4	9·4	0·0	0·487
175 W	8·2	8·6	— 0·4	0·447
170	8·8	8·5	+ 0·3	0·467

Der mittlere Fehler ist hier $\pm 0 \cdot 33$, der größte $-0 \cdot 8$. Das konstante Formelglied, dessen Wert bei dieser befriedigenden Wiedergabe der Beobachtungen Vertrauen erwecken kann, besagt, daß unterhalb einer 30 Meridiangrade breiten Lücke im subarktischen Festlandsringe die 10° Juliisotherme bis zum 39. Parallel herabstiege, falls in den mittleren Breiten warme Strömungen nur in jenem Maße zur Geltung kämen, in welchem jetzt die Ausläufer der Kuro-Siwo-Trift die Sommerwärme über der Beringssee beeinflussen. Dieser Fall wäre wohl für das asiatische Meer der Paläodyas gegeben, so daß zur Bestimmung der Sommerwärme in dessen mittlerer Breitenlage das besagte Formelglied ohne Korrektion verwendbar ist. Dagegen wäre es nicht statthaft, bei auf 30 Meridiangrade verbreiterter Öffnung des Eismeeres gegen den Nordpazifik in letzterem ein Hinabreichen der 10° Juliisotherme bis zum 39. Parallel anzunehmen, da die Kuro-Siwo-Trift einem so weiten Kältevorstoß Halt geböte. Setzt man für das gedachte russische Meer eine gleichmäßige Wärmezunahme gegen Süden voraus, so ergibt sich für die Südgrenze desselben am 45. Parallel eine Julitemperatur von $10 - \frac{6}{21}(10 - 1 \cdot 5) = 7 \cdot 6°$. Ein gleicher Wert kommt zustande, wenn man im Hinblick auf eine größere Erwärmungsmöglichkeit des turkestanischen Meeres die 10° Isotherme ein wenig gegen N hinaufrückt, gleichzeitig aber ein schwaches Wachstum des Temperaturanstieges gegen S im russischen Meere annimmt.

Interpoliert man in der Beringsregion für jeden fünften Meridian die Breitenlage der Julitemperatur von $7 \cdot 5°$, so erhält man mittels der Gleichung

$$\varphi - 45 = 1 \cdot 40 + 25 \cdot 03 f_{30}$$

— bei allerdings nur halb so befriedigender Anschmiegung an die gemessenen Werte (mittlerer Fehler $\pm 0 \cdot 63$, größter $-1 \cdot 8$) wie im vorigen Falle — als Julitemperatur am 45. Parallel $8 \cdot 0°$.

Für die geographische Analyse des Westastes des großen Bogens der 10° Juliisotherme im nordatlantischen Gebiete standen von der früheren (die Juliwärme am 60. Parallel betreffenden) Untersuchung her die Landbedeckungswerte für

Felder von 40° Länge in den (fast flächengleichen) Zonen von 75 bis 60° und 60 bis 50° zur Verfügung. Bei Einführung dieser Werte (f und f') als zwei Variable und bei Verschiebung der f um 15° gegen W wie früher lieferte die Rechnung den Ausdruck:

$$\varphi - 45 = 4 \cdot 40 + 12 \cdot 22 f + 5 \cdot 56 f'.$$

Bei Zusammenfassung von f und f' in eine Variable ergab sich die Relation:

$$\varphi - 45 = 4 \cdot 02 + 17 \cdot 72 \left[\frac{1}{2}(f + f')\right].$$

Die gemessenen ($\varphi' - 45$) und die nach beiden Formeln berechneten ($\varphi - 45$) Breitenlagen und ihre Differenzen sind:

λ	$\varphi' - 45$	Erste Formel		Zweite Formel	
		$\varphi - 45$	$\varphi - \varphi'$	$\varphi - 45$	$\varphi - \varphi'$
110 W	19·2	19·2	0·0	19·4	+ 0·2
105	18·9	18·9	0·0	18·9	0·0
100	18·6	18·5	− 0·1	18·3	− 0·3
95	18·1	18·2	+ 0·1	17·9	− 0·2
90	17·7	17·5	− 0·2	17·4	− 0·3
85	17·0	16·8	− 0·2	16·9	− 0·1
80	16·0	15·9	− 0·1	16·1	+ 0·1
75	14·8	15·1	+ 0·3	15·1	+ 0·3
70	13·3	13·9	+ 0·6	13·8	+ 0·5
65	12·2	12·4	+ 0·2	12·4	+ 0·2
60	11·3	11·1	− 0·2	11·1	− 0·2
55	10·6	10·3	− 0·3	10·1	− 0·5

Beide Formeln geben die Beobachtungen sehr befriedigend wieder. Die mittleren Fehler sind nur $\pm 0 \cdot 19$ und $\pm 0 \cdot 24$, die größten $+0 \cdot 6$ und $+0 \cdot 5$. Für die Lage der 10° Juliisotherme bei völliger Überflutung der Gradfelderfläche, von deren Bedeckungsart jene Lage unmittelbar abhängig erscheint, ergeben sie eine um rund 10° nördlichere Breite als die vorhin abgeleitete Formel. Es erklärt sich dies daraus, daß die eurymorphogenen thermischen Einflüsse im Hudson- und Labradorgebiete stärkere sind als in der Beringsregion. Südwärts vom

nördlichsten Amerika liegt das sich im Sommer hoch erwärmende Unionsgebiet und der Labradorstrom trifft auf den Golfstrom, wo dieser, die Küstennähe verlassend, noch sehr kräftig ist. Vom Beringsmeere liegt dagegen das asiatische Kontinentalgebiet der mittleren Breiten (50 bis 40°) weit abseits und die Kuro-Siwo-Trift ist südwärts jenes Meeres schon von verminderter Stärke. Die arktische Trift der Beringsstraße ist viel schwächer als der Labradorstrom und der Ostgrönlandstrom, gleichwohl dringt die 10° Juliisotherme der Luft in das pazifische Becken weiter vor als in das atlantische, wobei sie aber dort nur eine schmale Aussackung bildet, hier einen auch auf flächentreuen Karten noch ziemlich flachen Bogen formt.

Setzt man den eurymorphogenen Temperaturvorsprung im nordatlantischen Gebiete konform dem früher (bei Ableitung der Formeln für die Juliwärme am 60. Parallel) für ihn gefundenen Werte zu 3·1°, so ergibt sich für das hier betrachtete Meer als Juliwärme am 49. Parallel 6·9° und am 45. Breitengrade, einen gleichmäßigen Temperaturanstieg vorausgesetzt, $t = 1{\cdot}4 + \frac{15}{11}(6{\cdot}9 - 1{\cdot}4) = 8{\cdot}9°$.

Die südliche Ausbiegung der Sommerisothermen an der russischen Eismeerküste läßt sich zu einer Schätzung der Juliwärme am Südende eines gegen die Arktis offenen subarktischen Meeres nicht mit Erfolg verwenden, da hierbei eine zu weitgehende Extrapolation stattfinden müßte.

Dagegen bietet auf dem amerikanischen Kontinent die südwärts von der Hudsonsbai im Bereiche der kanadischen Seen vorhandene Depression der Juliwärme am 45. Parallel die Möglichkeit, eine Bestimmung des hier gesuchten Temperaturwertes ohne Extrapolation in meridionaler Richtung vorzunehmen. Allerdings wird hierbei, wie weiter im Norden, auch mit einem eurymorphogenen thermischen Einflusse zu rechnen sein. Daß in die östlichsten der hier in Betracht zu ziehenden Gradfelder noch randliche Teile des Atlantischen Ozeans fallen, stört nur wenig, da ja das Meer um Neuschottland herum noch nordwärts von der warmen Golfströmung liegt.

Versucht man es zunächst mit einer einfachen Relation, so ergibt sich, sofern man sich auf die parastatische Landbedeckung zwischen dem 60. und 40. Breitenkreise stützt, für die aus Berg und Tal bestehende Wärmewelle zwischen $\lambda = 65$ und 95° W v. G. bei $f = \frac{1}{2}(f_{10}+f_{20})$ als Wert von t der Ausdruck:

$$8 \cdot 55 + 15 \cdot 81 f,$$

bei $f = \frac{1}{3}(f_{10} + 2 f_{20})$ findet man:

$$t = 7 \cdot 73 + 16 \cdot 94 f.$$

Führt man f_{10} und f_{20} getrennt als zwei Variable ein, so bekommt man die Gleichung:

$$t = 7 \cdot 92 + 6 \cdot 66 f_{10} + 10 \cdot 01 f_{20},$$

welche genau dem Gewichtsverhältnis $2 f_{10} : 3 f_{20}$ entspricht. Die zur zweiten und dritten dieser Formeln gehörigen Einzelwerte sind:

λ	t	t'	$t-t'$	$\frac{1}{3}(f_{10}+2f_{20})$
65	17·5	18·0	— 0·5	0·579
70	20·7	20·2	+ 0·5	0·764
75	21·6	21·2	+ 0·4	0·819
80	20·6	20·1	+ 0·5	0·762
85	19·9	19·3	+ 0·6	0·720
90	21·0	22·1	— 1·1	0·781
95	22·8	23·3	— 0·5	0·892

λ	t	t'	$t-t'$	f_{10}	f_{20}
65	17·6	18·0	— 0·4	0·574	0·581
70	20·7	20·2	+ 0·5	0·816	0·738
75	21·7	21·2	+ 0·5	0·903	0·777
80	20·5	20·1	+ 0·4	0·739	0·772
85	19·6	19·3	+ 0·3	0·642	0·758
90	20·9	22·1	— 1·2	0·778	0·783
95	22·8	23·3	— 0·5	0·923	0·877

Die für das konstante Formelglied erhaltenen Werte kommen den früher aus dem Verlaufe der 10° Juliisotherme abgeleiteten nahe, die nur mittelmäßige Wiedergabe der beobachteten Temperaturen (mittlere Fehler 0·59 und 0·54) läßt jedoch diese Formeln als rechnerische Zwangsausgleichung einer nur in unvollkommenem Maße bestehenden Beziehung erkennen. Strebt man eine genauere thermogeographische Analyse an, so ergibt sich für die stenomorphogene Klimakomponente ein um 4 bis 5° kleinerer Wert, da der Wellenberg der Julitemperatur am 45. Parallel in Kanada durch die Formel

$$t = 11 \cdot 06 + 11 \cdot 91 \cdot \frac{1}{2} (f_{10} + f_{20})$$

sehr gut wiedergegeben wird, wie aus folgender Tabelle zu ersehen ist.

λ	t	t'	$t-t'$	$\frac{1}{2}(f_{10}+f_{20})$
65	17·9	18·0	— 0·1	0·578
70	20·3	20·2	+ 0·1	0·777
75	21·1	21·2	— 0·1	0·840
80	20·1	20·1	0·0	0·756
85	19·4	19·3	+ 0·1	0·701

Man muß dann aber auch ein von der Kontinentalität abhängiges Glied einführen, das in Ansehung des Verlaufes der 20° und 24° Juliisotherme vom 85. Meridian an gegen W zu nehmen ist. Der konstante Faktor dieses Gliedes bestimmt sich, wenn der kontinentale Einfluß $d = \frac{1}{5}(\lambda - 85)$ gesetzt wird, bei Belassung der Konstantenwerte der vorigen Formel zu 0·90. Bei Neuberechnung für das ganze hier in Betracht gezogene Längenintervall von 65 bis 105° W v. G. erhält man die Formel:

$$t = 11 \cdot 56 + 0 \cdot 91\, d + 11 \cdot 34 f.$$

Die zu ihr gehörigen Einzelwerte sind:

λ	t	t'	$t-t'$	$\frac{1}{2}(f_{10}+f_{20})$
65	18·1	wie oben	+ 0·1	wie oben
70	20·4		+ 0·2	
75	21·1		— 0·1	
80	20·1		0·0	
85	19·5		+ 0·2	
90	21·3	22·1	— 0·8	0·781
95	23·6	23·3	+ 0·3	0·900
100	25·3	25·3	0·0	0·968
105	26·5	26·4	+ 0·1	0·992

Hier ist der mittlere Fehler nur ± 0·2 und auch dieser leitet sich noch fast zur Hälfte von nur einer größeren Differenz her, welche aus einer thermischen Unregelmäßigkeit erwächst, die sich jeder einfachen rechnerischen Darstellung gegenüber ungefügig zeigt.[1] Die durchgeführte Temperaturanalyse kann so als eine ganz zutreffende erachtet werden. Der eurymorphogene thermische Einfluß, welcher als eine für das betrachtete Längenintervall konstante Größe anzusehen ist, erscheint in der letzten Formel in deren erstem Gliede mitenthalten.

Für diesen Einfluß wurde früher die Zahl 3·1 gefunden. Da er als eine der Mitteltemperatur weitausgedehnter Gradfelder proportionale Größe zu denken ist und sich der sommerliche Wärmeüberschuß des nordatlantischen Gebietes zwischen 120 W und 40 W v. G. über das nordpazifische Gebiet zwischen 140 E v. G. und 140 W v. G. in der Zone von 60 bis 45° zu 3·2°, in der Zone von 60 bis 40° zu 3·6° bestimmt, kann man für die besagte Größe im vorliegenden Falle mindestens 3·5 annehmen. Als Julitemperatur am Schnittpunkte des 45. Parallels mit der Halbierungslinie eines süd-

---

[1] Mittels der Gleichung $11·67 + 0·66\,d + 10·47\,f_{10}$, in welcher d vom 75. Meridian an genommen ist, erhält man beispielsweise bis $\lambda = 80$ eine volle Übereinstimmung von t und t', dann aber die Differenzen + 0·4, — 0·3, + 0·7, — 0·2 und — 0·3.

wärts bis zum 40. Breitenkreise reichenden wasserbedeckten 20 Gradfeldes ergibt sich dann 8·0°.

Dieser Wert entspricht hier — da ihm die temperaturerniedrigende Wirkung großer Binnenseen und einer gegen Norden fast geschlossenen Bai zugrunde liegt — der Luftwärme über einer Wasserfläche, die gegen warme Strömungen aus dem Süden vollkommen abgesperrt ist, andrerseits aber auch erkaltenden Einflüssen aus dem Norden weniger unterliegt als eine gegen das Eismeer offene subarktische See. Da sich diese Minderungen der positiven und negativen thermischen Komponenten wohl ausgleichen mögen, kann der eben gefundene Wert wohl auch für die hier in Betracht gezogenen paläogeographischen Verhältnisse Geltung haben.

Man kommt so auf verschiedenen voneinander wieder unabhängigen Wegen zum Ergebnisse, daß über einem abkühlenden Einflüssen stark unterworfenen, lauen Triften aber wenig zugänglichen Meere in mittleren Nordbreiten die 8° Juliisotherme bis zum 45. Parallelkreis herabstiege. Diese Isothermenlage kommt der niedrigsten sich jetzt im Südsommer auf der Südhalbkugel zeigenden sehr nahe. Polwärts vom Kap der Guten Hoffnung steigt die 8° Isotherme des Jänner bis 45° 30′ herab; am 45. Parallel herrscht dort in diesem Monate eine Temperatur von 9·2°. Auf der nördlichen Hemisphäre ist dagegen jetzt im Juli die niedrigste Breitenlage der 8° Isotherme 57° in $\lambda = 175°$ W v. G., die tiefste Temperatur am 45. Parallel 13·8° in $\lambda = 130°$ W v. G.

Hinter der mittleren Jännertemperatur am 45. südlichen Parallel bleibt der hier gefundene Wert um 4·5° zurück. Es erscheint dies leicht begreiflich, da ja der ozeanische Gürtel der mittleren Südbreiten mit kalten und warmen Meeresräumen in gleich offener Verbindung steht. Gegenüber dem so oft und mit Recht betonten »Sichverlieren« der warmen Strömungen der südlichen Tropen im uferlosen subantarktischen Ozean darf man aber vielleicht doch auch an die Kugelgestalt der Erde erinnern, derzufolge das Arealverhältnis der zum Abflusse in höhere Breiten kommenden Triften zu jener Wassermasse, innerhalb deren sie sich verteilen, doch nicht ein gar

so ungünstiges ist. Da das Meerwasser in den mittleren Nordbreiten positiv anormal warm ist, im Nordpazifik infolge verminderter Abkühlung, im Nordatlantik wegen erhöhter Erwärmung, stellen erst die Temperaturen in den mittleren südlichen Breiten das Ergebnis zweier sich die Wagschale haltender entgegengesetzter thermischer Einflüsse dar. Träfe — wie im hier betrachteten hypothetischen Falle der Vorzeit — starke Abkühlung von Norden her mit nur schwacher Wärmezufuhr aus dem Süden zusammen, so könnten Wasser- und Luftwärme in den mittleren Breiten wohl um mehrere Grade tiefer sein als jetzt durchschnittlich auf der Südhalbkugel.

Der gefundene Temperaturanstieg vom 60. zum 45. Parallel ist noch um 1 bis 2° kleiner als die Differenz zwischen der jetzt auf der südlichen Hemisphäre im Jänner herrschenden mittleren Wärmezunahme auf jenem Meridianbogenstücke und der größten negativen Temperaturabweichung auf dem 45. Parallel. Die Frage, ob der Wärmeanstieg gleichmäßig oder mit schwacher Beschleunigung geschähe, ist von geringem Belange und wurde darum nicht näher untersucht.

Julitemperatur am 35. Parallel.

Drittes Rechnungsziel war die Hochsommerwärme am 35. Parallel über dem tibetanischen Meere des in Betracht gezogenen Erdbildes der Paläodyas. Um einen Breitengrad südlicher liegt die Nordspitze des Gondwanalandes in jenem paläogeographischen Bilde.

Ein Blick auf die Weltkarte der Juliisothermen zeigt, daß die gegen S konvexen Bögen dieser Linien über dem nordpazifischen und nordatlantischen Ozean in den mittleren Breiten ganz verflachen und daß sich dann unterhalb der Scheitel jener Bögen die Krümmungsweise der besagten Linien umkehrt, wogegen nun zu beiden Seiten der zwei nördlichen Ozeane Vorwölbungen der Isothermen gegen den Gleicher zu erscheinen. Während die durch kaltes Auftriebwasser erzeugten Isothermendepressionen längs der Ostseiten der Ozeane sich erst innerhalb der Subtropen entwickelnde negative Anomalien sind, stellen die den Ausläufern der Polarströme an den westlichen Ozeanküsten folgenden Kältezungen sehr verschmälerte

und gegen W verschobene Fortsetzungen der großen subarktischen Bögen der Juliisothermen dar. Es zeigt sich aber eine asymmetrische Gestaltung, indem die westlichen Kältezungen kleiner sind und weniger weit gegen S vordringen als die Isothermenbuchten im Osten.

Man darf annehmen, daß sich auch über dem die beiden nordhemisphärischen Landmassen der betrachteten Vorzeitkarte trennenden Meere in den mittleren Breiten eine Umkehrung der Krümmungsweise der Juliisothermen vollzöge. Dagegen würden die beiden seitlichen Aussackungen dieser Isothermen in den Subtropen wohl in bezug auf Weite und Tiefe ihre Rollen vertauschen. An der Westseite des Südvorsprunges der sibirischen Landmasse wäre kaltes Küstenwasser zu erwarten. Doch könnte die saugende Wirkung des rückläufigen Astes des im tibetanischen Meere entwickelt zu denkenden Stromkreises eine im Vergleich zu den Auftriebskräften in den Ozeanen der Jetztzeit nur sehr bescheidene sein. Allerdings wäre die Mächtigkeit der warmen Oberschicht gegenüber der in einem Weltmeere vorhandenen sehr vermindert, so daß schon eine viel schwächere Saugkraft kaltes Wasser zutage brächte.

In dem Maße, in welchem die Schwäche des im tibetanischen Meeresbecken anzunehmenden Kreislaufes auf die Entwicklung einer gegen S gekehrten Ausbuchtung der Sommerisothermen über dem östlichen Beckenrande hinderlich wäre, würde sie dem Auftreten einer negativen Temperaturanomalie im westlichen Teile des Beckens förderlich sein. Da bei dem betrachteten Weltbilde keine der Golftrift auch nur entfernt vergleichbare Meeresströmung aus den Tropen bis in die Arktis vordränge, wäre auch nicht mit einer dem Labradorstrom und Ostgrönlandstrom ähnlichen kraftvollen Rückströmung aus den hohen Breiten zu rechnen. Man hätte sich vorzustellen, daß das kalte Wasser des russischen Meeres sich in einer sehr langsamen Bewegung gegen S und SE befände und nach dem Durchtritte durch die turanische Pforte zum kleineren Teile in das Mittelmeer, größerenteils in das tibetanische Meer gelangte und beiderseits allmählich unter warme Oberflächenschichten hinabtauchen würde. Im Westen

käme es unter fast bewegungslose oder eine nur schwache Ortsveränderung gegen S erleidende hocherwärmte Wasserschichten zu liegen, im Osten würde es sich unter den aufsteigenden Bogen des im tibetanischen Becken entwickelten Kreislaufes schieben.

Eine Überflutung mit aus dem Mittelmeere ostwärts entströmendem Wasser, das gegen den tibetanischen Stromkreis hingezogen würde, fände nicht statt, da jenes Vorzeitmeer noch südwärts von der Zone der Westwinde eingezeichnet ist. Die längs der Ostküste des Gondwanalandes vordringende warme Trift würde, an der Nordspitze jenes Landes angelangt, unter dem Einflusse der Erdrotation auch bald gegen NNO ablenken und den polwärts von jener Spitze liegenden Meeresraum nur randlich überspülen. Wegen der sehr langsamen Bewegung des Wassers nordischer Herkunft in diesem Raume träte in demselben allerdings auch eine sommerliche Temperaturzunahme ein, doch könnte diese mit der Wärmesteigerung in West und Ost nicht gleichen Schritt halten.

Man kommt so zur Vorstellung, daß sich zwischen dem an seiner Oberfläche stark erwärmten Mittelmeere und dem in seiner Mitte gleichfalls zur Erreichung hoher Temperaturen fähigen tibetanischen Meere ein Keil kühlen Wassers gegen S vorschöbe, der zur Ausbildung einer mit ihrem Scheitel auf die Nordspitze des Gondwanalandes zielenden Ausbuchtung der Juliisothermen der Luft führte.

Um nun einen Zahlenwert für das thermische Sommerklima zu erhalten, welches über dem Meere vor der besagten Landspitze bestünde, kann man den vorigen ähnliche Formeln ableiten, welche aus den jetzt in den ozeanischen Regionen der Subarktis außerhalb der lauen Triften herrschenden Temperaturverhältnissen auf jene Wärmezustände schließen lassen, die sich über einem von warmen Strömungen wenig berührten Meeresteile der Subtropen vorfänden. Daneben läßt sich durch Extrapolation aus schon gefundenen Größen eine Bestimmung des gesuchten Temperaturwertes erzielen.

Im pazifischen Gebiete kann man nur auf diesem letzteren Wege aus den für die Scheitellagen der 7·5° und 10° Juliisotherme festgestellten Polabständen auf die tiefste Sommer-

wärme über dem 35. Parallel schließen. Die 12° und 14° Isotherme des Juli zeigen in Ostasien einen sehr unregelmäßigen Verlauf, der sich einer einfachen geographischen Analysis nicht fügt. Betrachtet man nur den Südast der von diesen Wärmelinien gebildeten Doppelschlinge, so zeigt sich, daß derselbe im Ochotskischen Meer bis in dieselbe Breite wie im Pazifischen Ozean vordringt. Man kann dies dahin deuten, daß die gegen Ost stattfindende Abnahme des isothermenhebenden Einflusses der Landentwicklung nordwärts vom 60. Parallel durch eine nach dieser Richtung erfolgende Zunahme der erwärmenden Wirkung des Kuro-Siwo wettgemacht wird. Bei dieser Sachlage können verschiedene Werte der konstanten Faktoren der jene thermischen Einflüsse aufzeigenden Formelglieder genügen und ergibt sich für das gesuchte konstante Glied kein eindeutig bestimmter Wert. Nur der kleine, durch die Halbinsel Kamtschatka bedingte Wellenberg im Südaste der besagten Sigmoide läßt für sich eine einfache Darstellung zu.[1]

Um die besagte Extrapolation zu vollziehen, muß man die Beschleunigung der Wärmezunahme vom 45. zum 35. Parallel unterhalb eines kühlen Meeres der Subarktis suchen. Man findet als Verhältniszahlen des Temperaturanstieges in der Nord- und Südhälfte dieses Breitenintervalls südlich vom Ochotskischen Meer 1 : 2 (genau 100 : 199 im Mittel des 150. und 155. Meridians) und im Süden des ganzen Kurilentiefs 3 : 5 (genau 100 : 165 im Mittel der Meridiane 150 bis 165).

[1] Mittels der Gleichung $\varphi - 45 = 6{\cdot}08 + 0{\cdot}24 \left[\frac{1}{4}(3 f_{10} + f_{20})\right]$, in welcher sich die Landbedeckungswerte auf die Zone zwischen dem 50. und 60. Parallel beziehen, erhält man für die Breitenlage der 12° Juliisotherme folgende Werte, denen die gemessenen Werte $\varphi' - 45$ zum Vergleiche beigefügt seien:

λ.....	150 E v. G.	155	160	165	170	175	180	175 W v. G.	170
$\varphi - 45$	8·2	11·6	13·3	9·4	6·6	6·2	6·3	6·3	6·4
$\varphi' - 45$	7·0	10·5	14·2	10·0	8·1	7·1	6·0	6·0	5·5

Demnach ergeben sich, da als sommerliche Wärmeminima über dem 45. und 40. Parallel 7·8 und 9·7 gefunden wurden, für die größte Depression der Julitemperatur am 35. Parallel die Werte $9\cdot7+2(9\cdot7-7\cdot8) = 13\cdot5°$ und $9\cdot7+\frac{5}{3}\times1\cdot9 =$
$= 12\cdot9°$.

Im westatlantischen Gebiete kann man für die 14° Juli-isotherme einen einfachen Ausdruck finden, in welchem ihre Breitenlage als Funktion der Landbedeckung zwischen dem 70. und 40. Parallel erscheint. Man erhält, wenn die Bedeckungen innerhalb der drei eingeschlossenen 10° Zonen mit dem dem Größenverhältnisse dieser Zonen entsprechenden Gewichte eingesetzt werden, die Formel:

$$\varphi-45 = -3\cdot33+19\cdot68 f_{30},$$

zu welcher folgende Einzelwerte gehören:[1]

λ	$\varphi-45$	$\varphi'-45$	$\varphi-\varphi'$	f_{30}
105	15·4	15·7	— 0·3	0·952
100	14·1	14·3	— 0·2	0·883
95	12·6	13·0	— 0·4	0·811
90	11·8	11·7	+ 0·1	0·769
85	11·5	10·6	+ 0·9	0·753
80	10·4	9·8	+ 0·6	0·696
75	8·7	8·7	± 0·0	0·614
70	7·5	7·7	— 0·2	0·548
65	6·0	6·8	— 0·8	0·473
60	4·3	4·0	+ 0·3	0·389

Der mittlere Fehler ist hier ± 0·38, der größte + 0·9, die Annäherung an die gemessenen Werte somit ziemlich gut.

Der gefundene Ausdruck besagt, daß innerhalb der sommerlichen Wärmedepression über einem Meere von der angenommenen Größe und Lage und eurymorphogenen thermischen

[1] Ohne Rücksicht auf das Größenwachstum der 10° Zonen bekommt man die Relation $\varphi-45 = -2\cdot45+19\cdot00 f_{30}$, welche die gemessenen Werte mit einem mittleren Fehler von ± 0·43 wiedergibt.

Beeinflussung der Scheitel des 14° Isothermenbogens bis zu 41° 40′ herabstiege. Setzt man den eurymorphogenen Temperaturvorsprung konform dem früher erwähnten Wärmeüberschusse des atlantischen subarktischen Gebietes über das pazifische zu 3·6°, so entspricht die obige Breitenlage jener der 10·4° Isotherme in einer nicht durch kontinentale Nachbarschaft und ozeanische Wasserheizung übererwärmten Region. Sie kommt so dem früher aus den Verhältnissen im Nordpazifik für die 10° Juliisotherme gefundenen größten Polabstande nahe. Als tiefste Juliwärme über dem 35. Parallel erhält man dann im Hinblick auf die frühere Feststellung eines Temperaturminimums von 8·9° am 45. Parallel durch einfache Extrapolation den Wert:

$$t = 10 \cdot 4 + 6 \cdot 67 \left(\frac{10 \cdot 4 - 8 \cdot 9}{45 - 41 \cdot 67}\right) = 13 \cdot 4°.$$

Zieht man die zwecks Aufstellung einer Temperaturformel für den 45. Parallel gemessenen Landbedeckungswerte im östlichen Nordamerika zur Ableitung eines Ausdruckes für die Lage der 20° Juliisotherme in jener Region heran, so ergeben sich — wenn $f = \frac{1}{4}(3f_{10} + f_{20})$ gesetzt wird, die beiden Formeln:

$$\varphi - 30 = -0 \cdot 64 + 22 \cdot 0\, f \quad \text{und} \quad 60 - \varphi = 29 \cdot 98 - 20 \cdot 93\, f,$$

zu welchen nachstehende berechnete (φ) und gemessene (φ') Breitenlagen für die einzelnen Meridiane gehören:

λ	$\varphi - 30$	$\varphi' - 30$	$\varphi - \varphi'$	$\frac{1}{4}(3f_{10} + f_{20})$
100	20·8	21·4	— 0·6	0·974
95	19·4	18·6	+ 0·8	0·912
90	16·5	16·2	+ 0·3	0·779
85	14·1	14·0	+ 0·1	0·671
80	15·8	16·5	— 0·7	0·747
75	18·5	18·5	0·0	0·872
70	16·9	16·7	+ 0·2	0·797

λ	$60-\varphi$	$60-\varphi'$	$\varphi'-\varphi$	f
100	9·4	8·6	+ 0·8	
95	10·7	11·4	— 0·7	
90	13·5	13·8	— 0·3	
85	15·7	16·0	— 0·3	wie oben
80	14·1	13·5	+ 0·6	
75	11·5	11·5	0·0	
70	13·1	13·3	— 0·2	

Die mittlere Abweichung der berechneten von den gemessenen Werten ist hier im ersteren Falle ± 0·39, im letzteren ± 0·41, die größte in beiden Fällen + 0·8.

Stellt man auch hier einen eurymorphogenen Temperaturvorsprung von 3·6° gegenüber einem nicht hyperthermalen Gebiete in Rechnung, so entspricht das konstante Formelglied der tiefsten örtlichen Lage der 16·4° Juliisotherme in einem solchen Gebiete. Als Wärmeminimum in 35° Breite ergibt sich dann mit Rücksicht auf den für die um 6° tiefere Isotherme gefundenen größten Polabstand durch Interpolation der Wert:

$$t = 16 \cdot 4 - \frac{5 \cdot 64 \times 6}{(41 \cdot 67 - 29 \cdot 36)} = 13 \cdot 7.$$

Es ist hierbei wie im vorigen Falle ein gleichmäßiger Temperaturzuwachs vorausgesetzt. Nimmt man in jenem Falle — wie früher — für das Intervall von 40 bis 35° eine um zwei Drittel raschere Temperaturzunahme wie für das nordwärts anschließende 5° Intervall an, so erhöht sich der gefundene Wert um 1·5°. Zieht man im letzteren Falle für die Südhälfte der Zone von 40 bis 30° eine nur halb so rasche Wärmesteigerung wie für deren Nordhälfte in Betracht (auf den Meridianen 150 bis 160 E v. G. ist das Verhältnis 100 : 52), so tritt eine Erhöhung des gefundenen Wertes um 0·9° ein.

Verschiedene, voneinander getrennte Wege sind es wieder, welche zum Ergebnisse führen, daß im keilförmigen Ende der über einem landumringten

kalten subarktischen Meere auftretenden Depression der Sommerwärme die Julitemperatur am 35. Breitengrade bis auf 14° absänke. Jetzt trifft man als tiefste Hochsommerwärme auf diesem Parallel 15° in der Gegend nordöstlich von Tristan da Cunha. Die niedrigste Breitenlage der 14° Jännerisotherme ist 37° im Osten dieser Insel. Gleichwie am 45. Parallel ist auch in um 10° größerem Polabstande die für das betrachtete nordhemisphärische Kartenbild berechnete tiefste Temperatur noch ein wenig niedriger als jetzt die größte negative Wärmeanomalie auf der Südhalbkugel.

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß die jetzigen Temperaturen in den mittleren Südbreiten noch nicht als sehr tiefe anzusehen sind, da sie dem bei gleich freiem Zutritte polarer und äquatorialer Triften erwachsenden ozeanischen Wärmezustande entsprechen. Es ist dies für die Beurteilung der morphogenen Klimakomponente der paläozoischen Eiszeiten Südafrikas und Australiens wichtig. Beim Bestande eines Erdbildes, in welchem die jetzt von den tropischen und subtropischen Teilen der Ozeane zu beiden Seiten Afrikas bedeckten Regionen Festland wären — und ein solches Bild wurde von den Paläogeographen für verschiedene Abschnitte des Paläozoikums gezeichnet —, würde das Meer im Süden des genannten Kontinents erheblich kühler sein als jetzt, da es ja des erwärmenden Einflusses der brasilischen Strömung und des Agulhasstromes beraubt wäre.

Bemerkenswert erscheint es, daß die für den vor der Nordspitze des Gondwanalandes vorbeiziehenden 35. Parallel berechnete tiefste Julitemperatur zugleich die höchste Mittsommerwärme ist, die jetzt an regenreichen und im Winter kühlen bergigen Küstenstrichen außerhalb der Tropen von Gletschereis überdauert wird. Auf der Westseite der Südinsel von Neuseeland reicht — wie bekannt — in $43^1/_2$° Breite ein Eisstrom bis in 200 *m* Seehöhe hinab. In dieser Breite zieht die 15° Jännerisotherme über den Westsaum der Insel hinweg und für die genannte Höhe resultiert dann eine um 1° tiefere Temperatur. Als höchste Hochsommerwärme, bei welcher an der südchilenischen Küste in $46^1/_2$° Breite ein Gletscher bis zum Meeresspiegel absteigt, ergibt sich, wenn

man aus den Isothermenkarten zu der von Woeikof für diese Gegend — die Lagune von S. Rafael — ermittelten Jahrestemperatur von 8·4° die zugehörige Jännertemperatur sucht, 12·0°. Woeikof's Ermittlung konnte aber, sich auf die weit abliegenden Orte Ancud und Punta Arenas stützend, keine genaue sein. Nach v. Hann ergaben zwischen 45 und 47° Breite auf der Korvette Chacabuco angestellte Messungen eine Jännertemperatur von 14·3 sowie eine mittlere Sommerwärme von 13·7. Vielleicht standen diese Werte etwas über dem langjährigen Mittel, da sich zwei Breitengrade weiter nordwärts zu Melinka eine Sommertemperatur von nur 12·0° fand. Nachdem jedoch der Sommer auf der weiter landeinwärts gelegenen Laguna ein wenig wärmer sein dürfte als an den vom genannten Schiffe gewählten Ankerplätzen, mag wohl im Chonosarchipel die höchste von Gletschereis noch überwundene Mittsommertemperatur denselben Wert haben wie am Westfuße der Gebirgsgruppe des Mount Cook.

Auf der Nordhemisphäre liegt der bekannte, ins Meer vorstoßende Muirgletscher zwischen dem 58. und 59. Parallel im Zuge der längs der britisch-kolumbischen Inselwelt hinstreichenden 14° Juliisotherme und für die am 60. Parallel in 300 *m* Höhe über dem Sörfjord endende Zunge des Buarbrae ergibt sich eine Juliwärme von 13·5°, wenn man der Isothermenkarte den Wert 15 entnimmt und als Temperaturabnahme für 100 *m* 0·5° ansetzt.

Für die auf Frech's Karte den 34. Parallel berührende Nordspitze des Gondwanalandes bekommt man, da die früher für verschiedene Isothermenlagen gewonnenen Werte einen Temperaturzuwachs von fast genau 0·5° für 1° Breitenabnahme ergeben, eine Juliwärme von 14·5°. Rückt man die genannte Spitze noch um einen Grad südlicher in die Breite des indischen Salzgebirges von Kalabagh — wo sie ja liegen soll und auf Frech's Karte wohl nur wegen einer Ungenauigkeit der Zeichnung nicht liegt —, so ist das Schlußergebnis, daß der besagte paläogeographische Punkt mit dem Scheitelpunkte des Bogens der 15° Juliisotherme zusammenfällt.

Paläoklimatologischer Teil.

Mit der nach dieser paläothermalen Erkundungsfahrt vollzogenen Landung an der Nordspitze des Gondwanalandes ist das eingangs gesetzte Rechnungsziel erreicht: die Feststellung eines Zahlenwertes für die Juliwärme, welche bei dem heutigen Solarklima im Falle des Bestandes des von Frech entworfenen Weltbildes der Paläodyas am Nordrande der indischen Vergletscherung herrschen konnte. Es ist damit die bisher noch vermißte Grundlage geschaffen, auf welcher ernst zu nehmende Hypothesen über die Eiszeit Indiens aufzubauen wären.

Betreffs der diluvialen Eiszeit ist neuerdings die Erkenntnis durchgedrungen, daß zu ihrer Entstehung eine Steigerung der Hydrometeore nicht ausreichte und eine Temperaturerniedrigung unerläßlich war. Bei der Gründlichkeit, mit der beim jetzigen vorgeschrittenen Stande der Klimaforschung die klimatologischen Bedingungen der letzten Eiszeit untersucht worden sind, darf man jene Erkenntnis als eine voll gesicherte betrachten. Sie muß auch für jeden Erklärungsversuch der alten tropischen Eiszeiten richtunggebend sein. Im folgenden soll die gewonnene Grundlage näher ausgebaut und gesichert werden, der Versuch, auf ihr schon eine Hypothese aufzubauen, aber plangemäß vermieden bleiben. Der gefundene Wärmewert erheischt zunächst in einem wichtigen Belange eine schärfere Fassung.

Die einem Meere in mittleren Breiten drohende Kältezufuhr durch einen Polarstrom kann bei gleicher Land- und Wasserverteilung in der Arktis und Subarktis sehr verschieden sein, je nachdem er viele von Gletschern losgelöste Eisberge oder nur Flarden und Schollen von Feldeis mit sich führt. Vergletscherungen sind an den Bestand von Bergländern geknüpft und in einer den erkaltenden Einfluß polarer Ströme treffend ausdrückenden Formel müßte so auch die Landerhebung in hohen Breiten als Variable erscheinen. Eine solche Formel müßte aber auch einen komplizierteren Bau erhalten als die hier entwickelten Relationen. Während diese das sommerliche Wärmeminimum als an das Maximum der Wasserbedeckung in der Subarktis geknüpft darstellen, müßte

es als an ein Optimum derselben gebunden aufgezeigt werden, denn der die Abkühlung befördernde Bestand vergletscherter Gebirge bedeutet ja eine Minderung der Wasserbedeckung dortselbst. Es müßte aber auch die physische Gestaltung der Arktis als Variable eingeführt werden. Die Zirkumpolarregion, in welcher auch bei weitem Vorstoße lauer Triften winterliche Meereisbildung noch möglich scheint, muß bei voller Bedeckung mit gebirgigem Land und Gletschern am meisten abkühlend wirken.

Wird die vertikale Gliederung der Erdoberfläche nicht in Rechnung gezogen, so kommt ihr thermischer Einfluß in den mittels einer Formel gewonnenen Werten in dem Maße zur Geltung, in welchem er sich in den geographischen Grundlagen dieser Formel kundgibt. Dasselbe gilt betreffs der horizontalen Gliederung, soweit sie — obwohl die untersuchten Temperaturwerte noch mitbeeinflussend — in der Formel nicht berücksichtigt erscheint. Im vorliegenden Falle bedeuten demnach die gefundenen Werte jene Julitemperaturen, welche bei einer vorwiegend meerbedeckten inneren Arktis und bei einer dem jetzigen nordhemisphärischen Eisbergtransport entsprechenden hochnordischen Gletscher- und Gebirgsentwicklung unter den angenommenen Bedingungen herrschen würden. Dieses Maß von Gebirgsentwicklung wäre etwa beim Bestande von Kettengebirgen zu beiden Seiten der Nordhälfte des russischen Meeres gegeben. Die gefundenen Temperaturen mögen wenigstens um einige Grade hinter jenen zurückbleiben, welche sich bei einer die Bildung von Gletschern und Eisbergen ausschließenden völligen Flachheit der Uferlandschaften des russischen und benachbarten arktischen Meeres ergäben. Die für den 45. und 35. Parallel berechneten Werte mögen zugleich um mehrere Grade jene Julitemperaturen übersteigen, welche beim Bestande eines Gebirges am Ostrande der Südhälfte des russischen Meeres herrschten. Da dieser Meeresteil auch im Winter nicht zuföre und dann der Schauplatz lebhafter Luftwirbelbildung wäre, träfen bei niedriger Temperatur dampfgesättigte Südwestwinde auf die Meerseite jenes Gebirges mit starkem Anpralle auf. Sie würden dieselbe mit riesigen Schneemassen überschütten, so daß es — weil die Sommer kühl, trüb

und feucht wären — zur Entstehung großer, bis zum Meeresspiegel hinabsteigender Gletscher käme. Von diesen abbrechende und südwärts treibende Eisberge könnten dann eine stärkere sommerliche Erwärmung des Meerwassers bis zum 35. Parallel hinab wirksam behindern.

Rekonstruktion der hydrometeorischen Verhältnisse.

Um die für diesen Breitengrad gefundene Julitemperatur in genetische Beziehung zu einer Vereisung Indiens zu bringen, muß man vorerst die hydrometeorischen Verhältnisse, mit denen sie verknüpft wäre, klarstellen. Am Ostrande des tibetanischen Meeres könnten sich Trockenheit, dichte Nebel und Wolkenarmut in dem Maße zeigen, in welchem dort das Phänomen des kalten Küstenwassers zur Entfaltung käme. Im westlichen Teile jenes Meeres würden aber nicht die dem rückkehrenden Aste eines antizyklonalen Kreislaufes eigentümlichen, sondern die für das Eindringen warmer Triften in ein kühles Meer bezeichnenden hydrometeorischen Zustände zur Geltung kommen.

Allerdings liegt der 35. Parallel schon innerhalb der durchschnittlich wolken- und regenarmen Zone der nördlichen Halbkugel. Wo aber besondere Bedingungen eintreten, entwickeln sich auch in den großen hydrometeorischen Erdgürteln von den für sie typischen sehr abweichende klimatische Zustände. Gleichwie es innerhalb der äquatorialen Zone ein ozeanisches und mehrere festländische regenarme Gebiete und ein Winterregengebiet gibt, wäre auch noch zwischen dem 40. und 35. nördlichen Parallel ein ständig trübes und regnerisches Klima denkbar.

Auf dem Randstücke des Atlantischen Ozeans, wo sich der Golfstrom und der Kalte Wall berühren, ziehen sich die Gebiete gleicher Regendauer in der wärmeren Jahreszeit weniger weit nordwärts zurück als auf der hohen See. Bei völliger Umkehrung des oberflächlichen Stärkeverhältnisses der sich begegnenden kalten und warmen Gewässer würde dort wohl eine weit in die Subtropen vordringende Zunge der Linien gleicher Regendauer entstehen. Im südlichen Indischen

Ozean verläuft auf Supan's Regenweltkarte die 1 Meter-Isohyete noch äquatorwärts vom 35. Parallel. Die Art, wie im gedachten tibetanischen Meere kühles Wasser nordischer Herkunft von Stromfäden einer warmen Trift überspült würde, wäre dem Übergreifen randlicher Teile der südhemisphärischen Westwindtrift auf das sich vom Umkreise der Antarktis langsam gegen Nord bewegende Wasser ähnlich. Es wären so auch Analogien hinsichtlich der diese Vorgänge begleitenden hydrometeorischen Phänomene zu erwarten.

Man darf so annehmen, daß die für die Luft über dem westlichen turkestanischen Meere gefundene Sommerkühle mit großer Feuchtigkeit, starker Bewölkung und reichlichen Niederschlägen verbunden wäre. Fast ständig bedeckter Himmel könnte eine oberflächliche hohe Erwärmung des Meerwassers nordischer Abkunft auch im Sommer wirksam behindern, wogegen die von Süd gekommene Strömung ihre von dort mitgebrachte Wärme behielte. Reichliche Zufuhr von Eisbergen, wie sie bei der Vergletscherung gebirgiger Küsten des russischen Meeres stattfände, könnte durch Aussüßung des kalten Wassers eine Gewichtsverminderung desselben erzeugen und im Anschlusse daran verlangsamtes Untertauchen und längere und ausgebreitetere Berührung desselben mit dem warmen Triftwasser bedingen, ein Umstand, der vermehrte Kondensationen zur Folge hätte.

War das Indien der Paläodyas eine auf gefaltetem archaischem Sockel ruhende Tafel aus Vindhyansandstein, so konnte an deren Nordabfall bei dem im vorigen für das benachbarte Meer abgeleiteten Klima eine Gletscherbildung erfolgen. Im Winter kam die Nordhälfte des turkestanischen Meeres noch polwärts vom Gürtel hohen Luftdruckes zu liegen und mochte dann wie das heutige Mittelmeer der Schauplatz häufiger Zyklonen sein. Diese brachten dem Nordsaume des indischen Tafellandes oftmals kühle dampfgesättigte Winde aus NW bis NO, welche bei ihrem Aufstiege auf die Gebirgstafel die höheren Lagen ihres Nordhanges in dichte Schneemassen hüllten. Im Sommer mußten im altdyadischen Indien den heutigen gerade entgegengesetzte Windverhältnisse herrschen. Der ostarktische Kontinent war zwar auch befähigt, Luft

aus der Umgebung an sich zu ziehen, die Gegend stärkster Erwärmung konnte aber nur im Innern des nordhemisphärischen Teiles der großen indo-afrikanischen Landmasse liegen.

Es wehten dann auch im Sommer fast ständige dunstgesättigte Winde aus N bis NO zum nördlichen Tafellandrande hinauf, denselben dauernd in undurchdringliche Wolken hüllend, die einen völligen Schwund des im Winter reichlich gefallenen Schnees hintanhielten. So waren die Vorbedingungen für den Eintritt jenes oft geschilderten Zusammenspieles physikalischer Vorgänge gegeben, welches allmählich zur Bildung von Firn und Gletschereis führt. Wie mächtig sich das Gletscherphänomen entwickeln konnte, hing — sofern schon das hierfür günstigste Winter- und Sommerklima erreicht war — von der Höhe der indischen Tafel ab. Diese ist unbekannt. Damit gerät das Problem außer Reichweite der hier angewandten Methode der Betrachtung, welche ja darin besteht, aus erkannten Beziehungen zwischen gemessenen geographischen Größen und Klimawerten auf Grund von in einer der Messung zugänglichen Form dargebotenen (wenn auch sehr unsicheren) paläogeographischen Größen auf klimatische Werte der Vorzeit zu schließen.

Blieb die Höhe der indischen Tafel unter 1000 *m* zurück, so mochten wohl nur in den Wurzeln der in ihren Nordabfall eingerissenen Schluchten kleine Eisfelder kauern; stieg das Tafelland weit über 1000 *m* empor, so konnten wohl an seinem zertalten Nordhange größere Firnmulden entstehen, aus denen sich Eiszungen bis zu dem mit Farnen der Glossopterisflora überwucherten Gebirgsfuße vorstreckten. Wem dies nicht glaubhaft dünkte, dem sei Woeikof's Ausspruch in Erinnerung gebracht, daß, wenn man bedenkt, wie groß und wie häufig erneuert die Luftmassen sein müssen, um die zum Abschmelzen der Stirnen großer Gletscher nötige Wärmemenge zu liefern, es schwerer zu erklären sei, wieso die Eisschmelze den gewaltigen jährlich zukommenden Massen die Wage zu halten vermag, als wie daß große Gletscher bis in so warme Luftschichten reichen können, wie in Westpatagonien und Neuseeland.

Vom Nachweise der Möglichkeit großer Gletscher am Nordabfalle eines die Lage des heutigen Indien einnehmenden Tafellandes bis zur Erklärung eines Inlandeises über diesem Lande, wie es in der Paläodyas bestanden haben soll, ist nun aber noch ein weiter Weg. Der hier — man möchte sagen erfolgreich — bis zur Nordküste des Gondwanalandes durchgeführte rechnerische Kältevorstoß würde bei seiner Fortsetzung ins Landinnere hinein auf zähesten Widerstand stoßen.

Da nach Erreichung des Tafelrandes keine weitere Kondensation infolge Anstieges von noch feuchter Luft an Berghängen stattfände, träte im Winter mangels einer Anregung zu freiem Emporsteigen solcher Luft auf der Gebirgstafel oft heiteres Wetter ein und dann käme die indische Sonne zur Geltung, von der v. Hann in seiner meisterhaften Kritik der Hypothese James Croll's sagt, daß ihre eisschmelzende Kraft nicht unterschätzt werden dürfe. Sie würde leichte Schneedecken, die bei fallweisem Übergreifen des Wetters der Küstenzone doch das Land überzögen, bald tilgen, im Sommer käme es zu Gewitterregen, die über schneefreiem, erwärmtem Boden sich bildend, auch an schattigen Stellen verbliebene Schneeflecken verzehren würden.[1] Vorerst eines Satzes gedenken, in welchem von der Möglichkeit einer völligen Ausschaltung der Insolation in niedrigen Breiten gesprochen wird und später eine Textstelle anführen, die die sengende Wirkung der Tropensonne betont, heißt durchaus nicht sich selbst widersprechen, sondern bei Bedachtnahme auf Phänomene des jetzigen Klimas zur Beurteilung klimatischer Zustände der Vorwelt sich vor Einseitigkeit bewahren. Bei entsprechend tiefen Temperaturen würde sich der jetzt in den Tropen häufige Kontrast zwischen trockenen und feuchten Gebirgsflanken und zwischen dürren

[1] Ein eigenes Erlebnis bewahrt mich davor, die indische Sonne zu unterschätzen. Als ich nach der Ankunft in Tschanda, um baldigst einen ersten Anblick von Talchirs zu gewinnen, am Spätnachmittage, ohne da noch die für Tagestouren in den Tropen nötigen Vorsorgen zu treffen, einen Spaziergang in die flache Umgebung unternahm, war ich dem erschlaffenden Einflusse drückender Hitze dermaßen preisgegeben, daß, als ich bei rasch hereinbrechender Dunkelheit zurückkehrte, meine Frau, die beim Scheine einer von großen Insekten umschwirrten Lampe auf der Terrasse des Dak Bungalow saß, meinte, ich sähe wie um zehn Jahre älter geworden aus.

Tafelländern und ihren von Nässe triefenden Abhängen zu dem jetzt in den höheren Breiten vorkommenden nachbarlichen Gegensatze zwischen eisfreiem und stark vergletschertem Gelände umbilden können.

Ein im Winter kühles, im Sommer warmes eisfreies Klima auf der indischen Tafel bei gleichzeitigem Bestande von Gletschern an deren Nordhängen schiene dann ebenso möglich, wie jetzt das kontinentale subarktische Klima in der Nachbarschaft großer bis zum Meere reichender Eisströme an der Südküste Alaskas. Es wäre da betreffs der indischen Tafel nicht vom Widersinne eines über der klimatischen Schneegrenze liegenden firnfreien Landes zu sprechen, sondern zu sagen, daß diese Grenze dort eine rasche Hebung erfahre.

Koken nahm zur Erklärung eines über das indische Tafelland gebreiteten Firnmantels eine sehr große Höhenlage dieses Landes an. Er sah die Hauptschwierigkeit des Problems darin, daß die Spuren der Vereisung bis zum Meere hinabführen und mußte sie auch darin sehen, da er eine zur Herrschaft kühler Sommer über dem das vereiste Land umspülenden Meere durchaus ungeeignete Land- und Wasserverteilung annahm. Unter den hier betrachteten geographischen Voraussetzungen wäre der Bestand von Gletschereis in Meeresnähe nicht mehr der dunkelste Punkt des Problems. Man wird sich aber mit dem Gedanken an eine bis in Montblanchöhe gehobene firnbedeckte und eisumpanzerte indische Schichttafel nicht leicht befreunden können. Gewiß böte der sehr sanfte Anstieg eines Landes zu beträchtlicher Höhe die Möglichkeit, daß beim Anpralle dampfgesättigter Luftmassen Schneefall, wie er sonst auf dem schmalen Geländestreifen der Windseite eines Gebirges eintritt, sich über eine riesige Fläche erstreckte.

Es verlöre auch die Luft beim Zwange, eine bis zu 5000 *m* hinanziehende schiefe Ebene zu überwinden, mehr Wasserdampf als beim Aufstiege über den Steilrand einer nur 1000 *m* hohen Gebirgstafel, einem Vorgange, nach dessen Vollzug sie noch keineswegs trocken über diese Tafel hinstreichen muß. Die beim Vorübergange einer Zyklone vom Meere auf das Land geführte Feuchtigkeit würde sich aber ersterenfalls

über ein sehr viel größeres Gebiet verteilen. Die sich bildenden Schneedecken wären weniger mächtig und da auch die mittlere Bewölkung und Nebelbildung geringer wäre, könnte die in großen Höhen starke Verdunstung, im Sommer bei 0° etwas übersteigenden Temperaturen wohl auch die kräftige Insolation noch zur Verminderung der Schneelagen führen. Man dürfte so die Bedingungen für die Firnbildung auf einem meerumspülten ausgedehnten tropischen Hochlande nicht mit jenen auf frei aufragenden Hochgebirgskämmen der Tropen vergleichen. Koken war zwar im Rechte, wenn er Chamberlain's und Salisbury's Hinweis auf die Eisfreiheit der meerfernen Hochflächen des Pamir und Tibets als Einwand gegen die Erklärungsmöglichkeit der indischen Vergletscherung durch große Höhenlage des Landes nicht gelten ließ; er machte sich selbst aber einer argen Überschätzung der eiserzeugenden Kraft eines dem Meere benachbarten, 4500 *m* hohen Indiens schuldig, wenn er seiner Rechnung die jetzige Jahresmenge des Niederschlages auf den Höhenstationen der Westghats (oder auch nur die Hälfte dieser Menge) zugrunde legte.

Vom geologischen Standpunkte aus wird man sich der Annahme einer bis in Montblanchöhe gehobenen indischen Schichttafel nicht leicht anschließen mögen. Nach Koken sind weit ausholende Vertikalbewegungen ein in der Geologie der Salzkette und des Dekan bezeichnendes Moment und soll die flache Lage zeitlich weit getrennter Absätze in diesen Gebieten für solche Vorgänge sprechen. Man wird sich aber nicht leicht vorstellen können, daß ein tangential gespanntes flaches Schichtgewölbe beim Nachlassen der Spannung ohne Zerstückung in sich gegenseitig randlich über- und unterschiebende Schollen in seine frühere Lage zurücksänke. Man kann das Empfinden nicht meistern, daß Koken's hoch emporgeblähtes indisches Tafelland als eine für den besonderen paläoklimatologischen Zweck zurechtgelegte ungewöhnliche Annahme erscheint. Man könnte fragen, warum in der Sahara und in Rußland Spuren alter Eiszeiten fehlen, nachdem sich dort unermeßlich lange Zeit hindurch Gelegenheit zu solchen von Faltung scharf zu trennenden Schichtenaufblähungen größten Styles ergab.

Immerhin würde man sich mit dem ohne Zerstückelung geschehenen Zurücksinken einer hoch emporgewölbten Gesteinsdecke noch eher abfinden können als mit der ohne Fältelung erfolgten Wanderung einer solchen Decke von hohen bis in niedrige Breiten. Man dürfte sich holosphärische Verschiebungen der Erdkruste über den Erdkern doch nicht wie das Übereinandergleiten zweier starrer Maschinenteile an einer mit Öl geschmierten Fläche denken! Die flache Lagerung der Malani-Ergussgesteine und der Vindhyansandsteine spricht auf das entschiedenste dagegen, daß sich das indische Glazialphänomen in Polnähe abgespielt hätte.

Um nun auf Koken's Weltkarte der Dyas zurückzukommen, sie zeigt eine 40 Meridiangrade breite Beringsstraße, durch die wohl Ausläufer der Kuro-Siwo-Trift bis in das arktische Becken kamen, eine so starke Erkaltung desselben, wie sie bei Frech's Weltbild eintrat, verhindernd. Es stellt ferner zwei Landverteilungen nordwärts von Indien dar, die für eine Gletscherentwicklung am Nordsaume dieses Landes weit weniger günstig wären als der Küstenverlauf auf jenem letzteren Bilde. Als wahrscheinlicherer Fall ist eine aralokaspische Insel, als Eventualfall (durch Punktierung als solcher gekennzeichnet) eine Landbrücke zwischen den beiden nordhemisphärischen Erdteilen vorgesehen.

Falls das russische Meer schon westlich vom aralokaspischen Gebiete mit dem Mittelmeer zusammenhing, konnte hier schon das kalte Wasser des ersteren nach Süden gelangen und blieb das turkestanische Meer vor merklicher Abkühlung bewahrt. Die Lücke zwischen der erwähnten Insel und dem ostarktischen Kontinent stand dann weit mehr als Eintrittspforte für laue Triften, denn als Ausfallstor für einen Polarstrom offen. Spannte sich aber eine Landbrücke von Europa nach Ostasien, so schloß sich jeder Zutritt kalten Wassers zu den Meeren in der Nachbarschaft Indiens aus und hatte der damals gegen Nord gekehrte Küstenabfall dieses Landes ein bei großer Feuchtigkeit sehr warmes Klima. Es ist klar, daß so für Koken der Versuch, für den Nordsaum des Gondwanalandes ein Hinabreichen der Gletscher bis zum Meeresspiegel zu erklären, auf größte Schwierigkeiten

stieß. Die sich aus Frech's Weltbild der Paläodyas für jenen Küstensaum ergebenden klimatischen Verhältnisse zeigen dagegen eine überraschende Ähnlichkeit mit den von Woeikof aufgestellten Bedingungen einer Vereisung der Küste Brasiliens: »mehr vergletscherte Länder in höheren Breiten und eine im Vergleich zu heute im ganzen vielleicht nicht intensivere, aber so gerichtete Strömung, daß die größte Masse von Eisbergen und kaltem Wasser gerade die Küste traf und warme Ströme abgelenkt waren.« Als Bringer der Kälte zum Nordsaume Gondwaniens wurde ja auch hier nicht eine gut begrenzte starke Polarströmung nach Art des Labradorstromes, sondern eine in sehr langsamer Ortsveränderung begriffene Kaltwassermasse ähnlich den jetzigen antarktischen Triften aufgezeigt.

Bemerkenswert erscheint es, daß bei dem angestellten Vergleiche verschiedener Vorzeitkarten die voneinander am meisten abweichenden Klimate nicht an zwei morphologische Grenzfälle geknüpft sind, sondern zwei Endglieder einer Formenreihe — ununterbrochene und nur in ihrem Mittelstücke erhaltene Landbrücke zwischen zwei Kontinenten — in klimatogenetischer Hinsicht zu einem Mittelgliede zwischen ihnen — in ihrem östlichen Drittel unterbrochene Brücke — in Gegensatz treten.

Die Frage, ob das von Frech vermutete Weltbild am Schlusse der Karbonzeit im Falle seiner Richtigkeit auf die Vereisung Indiens ursächlich zu beziehen sei, beantwortet sich mit nein oder ja, je nachdem dieses Phänomen mit der Herrschaft der Fusuliniden im russischen Meere zeitlich zusammenfiel oder nicht.[1] Da diese Foraminiferen nach H. v. Staff

[1] Noch deutlicher als dadurch, daß ich einen ursächlichen Zusammenhang der von mir rechnerisch gefundenen Isothermendepression mit der indischen Eiszeit nur als möglich hinstelle, kann ich Sinn und Zweck meiner Untersuchungen wohl nicht ausdrücken. Hoffentlich werden sie diesmal nicht mehr eine Umdeutung erfahren. Herr Wilhelm Eckardt war so liebenswürdig, meinen früheren Bemühungen um die Förderung der Paläoklimatologie große Anerkennung zu zollen. Insofern wunderte es mich, daß er meine Arbeit: Synthese der morphogenen Winterklimate Europas zur Tertiärzeit (diese Sitzungsber., 1913) in seiner Besprechung in Petermann's Mitteilungen lediglich als einen neuen Versuch, die europäischen Tertiärfloren

zu ihrem Gedeihen mindestens die Wassertemperaturen des heutigen Mittelmeeres brauchten, schloß es sich zu ihrer Blütezeit natürlich aus, daß durch die turanische Pforte Eisberge zur Nordküste Gondwaniens herangeschwommen kamen. Nach H. v. Staff soll es allerdings keineswegs sicher sein, daß das Auftreten der Fusulinen im Norden und das der Gletscher im Süden gleichzeitig stattfand; die vorherrschende Ansicht geht aber wohl dahin. Ist sie die richtige, so muß es ein besonderer Umstand oder ein Zusammenspiel mehrerer Umstände bedingt haben, daß sich nicht die dem heutigen Solarklima entsprechende Isothermenverteilung der damaligen Zeit entwickelte. Wäre eine Projektion des altdyadischen Erdbildes auf andere als die heutigen geographischen Koordinaten erwägbar, so würde die von den Krustendrehern erdachte Verlagerung des Südpoles in die Mitte des Indischen Ozeans das Fehlen jener Wärmeverteilung erklären können, da sie Indien in mittlere Breiten, Nordrußland in den äquatorialen Gürtel schöbe.

Sollte ein Wechsel des physischen Solarklimas im Spiele sein, so mußte sich dieses im Vergleich zum heutigen günstiger gestaltet haben, da nur dann in einem dem Einflusse lauer Triften fast ganz entzogenen subarktischen Meere die subtropischen Wassertemperaturen des Mittelmeeres auftreten konnten. Zur Erklärung des Bestandes von Gletschern in subtropischen Breiten muß dann auch ein eine regionale Erkaltung schaffender Umstand helfen, der — weil alleiniges Wachsen der Niederschläge keine Eisbildung brächte — mangels einer Kältezufuhr vom Pole her auch wieder nur eine große Höhenlage sein könnte.

Man kommt so auf Grund der Rekonstruktion Frech's unter Zuhilfenahme eines hypothetischen Faktors auch wieder dahin, wo Koken's Erklärungsversuch ohne eine solche Hilfe

---

nur auf geographischem Wege zu erklären, hinstellt und die von mir dort verfügte Aufstellung des Begriffes der allogenen Isodiakrinen mit keinem Worte erwähnt. Ausreichende Entschädigung für die mir hieraus erwachsene Betrübnis bot mir aber die Freude darüber, daß mir ein bedeutender Geophysiker mit Bezug auf jene Begriffsaufstellung schrieb, es scheine ihm, daß die Sache nun endlich von der richtigen Seite angepackt sei.

landete. Ein Unterschied besteht aber insofern, als im Falle Koken's die Erwärmungsmöglichkeit der hohen Breiten eine begrenzte ist, im Falle eines wärmeren Solarklimas aber die hypsogene Erkaltungsmöglichkeit der niedrigen Breiten unzureichend erscheint. Frech's Meinung, daß die Gletscher des Gondwanalandes bei nur geringer oder mäßiger Höhenlage ihrer Firnmulden durch eine allgemeine Abkühlung infolge starker Verminderung des Kohlensäuregehaltes der Luft bedingt gewesen seien, ist mit der Annahme eines als Wohnstätte für wärmeliebende Foraminiferen geeigneten subarktischen und arktischen Meeres unvereinbar.

Viel mehr als das hier Vorgebrachte dürfte sich über die stenomorphogene Komponente des Klimas der permischen Eiszeit Indiens nicht anführen lassen. Über die eurymorphogene Komponente dieses Klimas läßt sich nicht viel sagen. Sie würde den klimatischen Gesamteinfluß der Land- und Meerverteilung in den altweltlichen Tropen auf das außertropische Eurasien bedeuten. Läge man auch hier Frech's Weltkarte des untersten Rotliegenden zugrunde, so schlösse sich eine nähere Beurteilung jenes Einflusses fast aus, da die besagte Karte größtenteils landbedeckte indo-atlantische Tropen zeigt, das tropische Kontinentalklima sich aber der Kenntnis ganz entzieht. Man kann zwar annehmen, daß so ein Ungeheuer von Kontinent wie das vom Ostfuße der Anden bis über die Ostküste Australiens hinaus sich dehnende Gondwanaland Temperatur- und Luftdruckverhältnisse schüfe, die von den heutigen in den Tropen sehr abwichen; worin diese Abweichungen bestünden, läßt sich aber nicht leicht zutreffend ausdenken. Es fehlt so auch fast jeder Anhaltspunkt dafür, inwiefern ein Klima in der gemäßigten Zone anders als jetzt von den Tropen her beeinflußt würde, wenn diese ihre vorwiegende Wasserbedeckung mit Landbedeckung vertauschten. Brächte dies trotz stärkerer Erhitzung der untersten Luftschichten eine Abnahme der Mitteltemperatur der tropischen Lufthülle, so wären wegen des geringeren Luftabflusses verminderte Winterkälte, vermehrte Bewölkung und erhöhte Möglichkeit der winterlichen Zyklonenbildung über landumringten

Meeren in den Rossbreiten zu erwarten. Änderungen dieser Art würden die Firnbildung auf Küstengebirgen solcher Meere fördern, sofern dieselben, wie das früher betrachtete turkestanische Meer, von Norden her eine starke Abkühlung erführen.

Auch die eurymorphogene Klimakomponente ließe sich für das altdyadische Indien jeweils nur mit Bezug auf eine bestimmte Rekonstruktion erwägen. Nach Koken ist eine Landentwicklung im Bereich des heutigen Indischen Ozeans zur Zeit der alten Gletscher fraglich; seine Karte zeigt als wahrscheinlicheren Fall dort südwärts vom Äquator weites Meer. Ein solches müßte auch für Indien wieder andere klimatische Zustände schaffen als wie sie bestünden, wenn Australien mit Afrika und Vorderindien zusammenhinge. Es schwankt so angesichts der herrschenden Unsicherheit der Ergebnisse der paläogeographischen Forschung das Maß der engeren und weiteren morphologischen Bedingtheit bei der Eiszeit Indiens innerhalb weiter Grenzen.

Über diese Feststellung hinaus soll hier dieses schwierige Problem nicht verfolgt sein. Es liefe dem Sinne dieser Arbeit ganz zuwider, klänge auch sie in die Anpreisung eines Erklärungsmittels für die indische Eiszeit aus.

Als naturgemäßer Abschluß der Betrachtung ergibt sich hier vielmehr ein Ausblick auf die Frage nach der bei dem heutigen Solarklima größtmöglichen Depression der Sommerisothermen, aber nur ein Blick, denn eine rechnerische Lösung dieses theoretischen Problems ließe sich nur mittels eines Systems wohlerdachter thermogeographischer Formeln erzielen.

In den mittleren Breiten träte die größte negative Anomalie der Sommertemperatur auf, wenn durch einen von lauen Triften abgesperrten subpolaren Wassergürtel ein kräftiger Polarstrom unvermischt bis zur Nordgrenze der Subtropen käme. In den niedrigen Breiten fände die weitestgehende örtliche Erniedrigung der Sommerwärme statt, wenn im Anschlusse an den eben erwähnten extremen Fall der mittleren Breiten das Phänomen des kalten Auftriebwassers zu größtmöglicher Entwicklung käme. Es soll hier aber nicht versucht werden, die zur Erzeugung solcher Stromverhältnisse geeignetsten

Gestaltungen der Küstenlinien auszudenken. Es hätte dies keinen sichtbaren paläoklimatologischen Zweck und fiele auch aus dem Rahmen klimakundlicher hypothetischer Betrachtungen heraus.

Rekonstruktion der morphogenen Sommerisothermen.

Es erübrigt noch, auf Grund der durchgeführten thermogeographischen Analyse die gesuchte paläothermale Synthese vorzunehmen und deren Ergebnis kartographisch darzustellen. Durch Einsetzung der aus Frech's Weltkarte zu entnehmenden bezüglichen Landbedeckungswerte erhält man für die Julitemperatur auf dem 60. Parallel quer über das russische Meer aus den eingangs entwickelten Formeln folgende Werte: (I mit $t = 1 \cdot 47 + 11 \cdot 04 \left[\frac{1}{2}(f_{20}+f_{30})\right]$, II mit $t = 2 \cdot 56 + 10 \cdot 03 \left[\frac{1}{4}(f_{10}+3f_{30})\right]$, III mit $t = 1 \cdot 40 + 10 \cdot 00 f_{40}^{n} + 5 \cdot 27 f_{40}^{s}$, IV mit $t = 4 \cdot 57 + 9 \cdot 97 f_{30}$ nach entsprechender Verminderung des konstanten Gliedes).

λ	I	II	III	IV
20	11·4	11·5	11·3	10·0
25	9·5	10·0	9·4	8·4
30	7·2	7·8	7·5	6·7
35	4·9	5·5	5·5	5·0
40	2·8	3·9	3·7	3·4
45	1·7	2·9	2·2	2·0
50	1·6	2·8	2·1	1·8
55	2·3	3·4	3·6	2·7
60	4·0	4·9	5·5	4·4
65	6·3	6·8	7·4	6·1
70	8·6	9·1	9·3	7·7
75	10·7	10·9	11·2	9·4
80	12·1	12·0	13·2	10·8

Die höchste und die tiefste der vier für jeden dieser Punkte gewonnenen Temperaturen weichen durchschnittlich

um $1^1/_2$° voneinander ab. Gleichung II ergibt für den westlichen, Gleichung III für den östlichen Ast des dem kalten Meere entsprechenden Wellentales der Temperatur die höchsten, Formel I für die Scheitelregion, Formel IV für die Seitenteile dieser Wärmewelle die niedrigsten Werte. Im Mittel aller vier Bestimmungen bekommt man, wenn man I und IV mit doppeltem Gewichte nimmt, nachstehende Temperaturen:

λ...	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
t...	10·9	9·2	7·1	5·2	3·3	2·1	1·9	2·8	4·5	6·5	8·5	10·4	11·8

Für die Julitemperatur auf dem 45. Parallel quer über die turanische Pforte erhält man bei Einsetzung der aus Frech's Karte zu entnehmenden Landbedeckungen in die Formeln $t = 7 \cdot 73 + 16 \cdot 94 \times \left[\frac{1}{3}(f_{10} + 2f_{20})\right]$ und $t = 7 \cdot 92 + 66 \cdot 6 f_{10} + 10 \cdot 01 f_{20}$ teils ganz übereinstimmende, teils nur um 0·1 bis 0·3° differierende Werte und im arithmetischen Durchschnitte derselben:

λ...	20	25	30	35	40	45	50	55	60
t....	22·7	22·0	19·8	16·8	14·6	13·7	13·4	12·6	11·1
λ...	65	70	75	80	85	90	95	100	
t....	9·4	8·5	10·1	13·8	18·0	21·1	22·4	23·7	

Für die Interpolation der Temperaturen auf dem 55. und 50. Parallel wurde die jetzt auf der Südhalbkugel im Jänner stattfindende Zunahme der mittleren Parallelkreistemperaturen zugrunde gelegt. Man findet dort nach Hopfner und Spitaler für die Breiten von 60, 55, 50 und 45 die Werte: 1·7, 4·6, 8·1 und 12·5, deren Differenzen: 2·9, 3·5 und 4·4 sich wie 26·85 : 32·41 : 40·74, das ist nahe wie 3 : 4 : 5 verhalten.

Wegen der östlichen Verschiebung des Scheitels der Wärmewelle beim Übergange vom 60. auf den 45. Parallel wurden nicht die Temperaturdifferenzen zwischen den Schnittpunkten dieser Kreise mit demselben Meridian, sondern jene zwischen je einem Punkte des ersteren Kreises mit dem um 30° weiter östlich gelegenen Punkte des letzteren Kreises genommen. Die so auf Grund der vorigen Verhältniszahlen der Wärmeänderung gewonnenen Julitemperaturen sind:

$\varphi = 55°$												
20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
14·1	12·4	10·5	8·7	7·3	5·6	4·3	3·8	4·2	5·9	8·3	10·9	13·1
$\varphi = 50°$												
20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
18·1	16·6	14·4	12·3	10·9	10·0	8·7	7·3	6·3	6·1	7·8	10·7	14·0

Innerhalb des Subtropengürtels konnten — wie erinnerlich — keine zweckentsprechenden Formeln für Parallelkreistemperaturen und nur solche für Breitenlagen von Isothermen gefunden werden. Zu einer Fortsetzung des kartographischen Bildes in jenen Gürtel hinein sind so nur die aus den letzteren Formeln zu gewinnenden Werte verfügbar.

Für das turkestanische Meer bekommt man mittels der aus den Verhältnissen im Pazifik für die 10° Juliisotherme erhaltenen Formel durch Einsetzung der für die um 20° gegen W verschobenen parastatischen Bedeckungswerte folgende Breitenlagen:

λ	60	65	70	75	80
φ	44·8	40·5	40·0	42·7	48·0

Aus der für die 14° Juliisotherme im westatlantischen Gebiete abgeleiteten Gleichung, welche, wie erwähnt, die Breitenlagen der 10·5° Isotherme in einem nicht hyperthermalen Gebiete aufzeigt, resultieren, wenn man die Bedeckungswerte der Zonen zwischen 70 und 50° um 20° gegen W verschiebt, nachstehende Werte von φ:

λ	60	65	70	75	80
φ	45·5	44·0	43·5	44·1	46·3

Man würde hier geringere Unterschiede gegenüber den vorigen Winkelwerten erwarten. Dagegen kann es nicht befremden, wenn im subarktischen Gürtel die aus beiden Formeln sich ergebenden Breitenlagen zu den vorangeführten Temperaturwerten nicht stimmen. Die vorgenommenen Verschiebungen der parastatischen Felder müssen hier zu manchen Inkongruenzen führen, sie waren aber nötig, um die im betrachteten Kartenbilde begründete Ostwärtsverlegung der örtlichen Minimaltemperaturen mit abnehmender Breite zu erhalten.

Der für die 20° Juliisotherme gefundene Ausdruck ($\varphi - 30 = -0·64 + 22·0 f$) liefert, wenn man für die Zone zwischen 60 und 50° um 10° gegen W verschobene parastatische Felder mit entsprechender Bedeckung[1] einsetzt, folgende Werte:

λ ...	40	45	50	55	60	65	70	75	80
φ ...	37·6	37·0	36·7	35·9	33·9	31·1	29·7	31·3	37·1

[1] Die auf Frech's Karte auszumessenden prozentischen Landbedeckungen in den dem russischen Meere zugekehrten Randgebieten der beiden subarktischen Kontinente sind für Felder von 5° Länge: In der Zone von 75—60° zwischen $\lambda = 15$ und 35° E v. G.: 99, 84, 49, 12, zwischen $\lambda = 65$ und 75°: 32 und 94; in der Zone von 70—60° zwischen $\lambda = 20$ und 35°: 99, 84 und 26, zwischen $\lambda = 55$ und 70°: 2, 14, 54; in der Zone von

Diese Breitenlagen sind nach früherer Darlegung jenen der um 3·5° tieferen Isotherme eines Gebietes gleichzusetzen, dessen gesamte thermische Beeinflussung der des hier betrachteten entspräche.

Durch passende Interpolation erwächst aus der letzten und drittletzten Zahlenreihe für die sommerliche Wärmeverteilung über dem Meere vor der Nordspitze Gondwaniens folgendes Bild:

φ	λ				
	60	65	70	75	80
40	13·1	10·8	10·5	11·9	14·9
35	15·9	14·0	13·4	14·6	17·6

Zum Schlusse seien noch die Differenzen zwischen den für Frech's Weltbild der Paläodyas sich ergebenden Wärmewerten und den heutigen, auf den Meeresspiegel reduzierten Temperaturen festgestellt. Sie fallen groß aus, da das betrachtete Gebiet zu den sich jetzt im Sommer am meisten erhitzenden Teilen der Nordhemisphäre gehört. Für die Zone zwischen dem 60. und 45. Parallel erhält man folgende morphogene Diakrinen des Juli, bei denen, da sie alle negativ sind, das Minuszeichen weggelassen wurde.

λ	φ			
	60	55	50	45
20	5·1	3·1	1·9	0·6
25	7·3	6·1	3·7	0·0
30	9·9	8·5	6·4	2·3
35	12·5	11·0	9·4	5·3
40	14·7	12·9	11·3	9·5
45	16·1	14·8	13·0	11·2

60—50° zwischen λ = 20 und 25°: 67, zwischen λ = 65 und 75°: 17 und 81. Für die Zone von 50—40°, in welche die aralokaspisch-pontische Landzunge fällt, erhält man von λ = 10—105° die Bedeckungswerte: 83, 71, 87, 66, 66, 70, 72, 68, 66, 57, 27, 0, 0, 7, 33, 53, 70, 83, 97.

λ	φ			
	60	55	50	45
50	16·3	16·1	14·6	12·1
55	15·3	16·4	16·2	13·0
60	13·5	15·8	17·0	14·4
65	11·4	14·2	17·1	16·3
70	9·5	11·7	15·4	17·7
75	7·7	9·0	12·6	16·7
80	6·5	6·6	9·7	13·1

Zu den für das Bogenstück von $\lambda = 60-80°$ E v. G. ermittelten Julitemperaturen am 40. und 35. Parallel gehören nachstehende Werte der morphogenen Diakrinen, bei denen auch das Minuszeichen wegbleibt:

φ	λ				
	60	65	70	75	80
40	17·7	21·5	23·0	21·3	17·3
35	18·1	20·0	20·6	18·2	13·7

Mit Hilfe dieser und der vorigen Werte läßt sich das Bild der morphogenen Isodiakrinen zeichnen. In den großen Zügen dieses Bildes: einem nach SE verlaufenden Rücken mit im Süden aufgesetzter Kuppe spiegeln sich die Umrisse des tibetanisch-russischen Meeres der Altdyas und die in mittleren Breiten stattfindende Einschaltung einer Zone raschen Gefälles in die gegen N absinkende Temperaturfläche[1] der

[1] Die jetzigen Julitemperaturen in dem Längenintervall von 40—100° E v. G. und in den drei Dritteln dieses Bogenstückes sind:

φ	40—100	40—60	60—80	80—100
60	18·3	18·1	18·0	18·7
55	20·4	20·3	20·0	20·9
50	23·5	23·1	23·3	24·2
45	25·9	25·2	26·2	26·1
40	30·5	28·4	32·6	30·4
35	32·4	33·4	33·4	30·4

Jetztzeit wieder. Zu Schlüssen über das Solarklima der Paläodyas lassen sich die früher ermittelten morphogenen Paläotemperaturen nicht verwerten, da die Geologie leider keine genügenden Anhaltspunkte für die Beurteilung der Wärmeverhältnisse jener Zeit ergibt. Ob die Fusuliniden in den nordischen Meeren während der Vereisung Indiens lebten, bleibt ungewiß und das Gletscherphänomen übertrifft in bezug auf Eurythermie fast noch die thermisch anpassungsfähigsten Organismen. Nachdem sich jetzt die Enden von nicht ins Meer vorstoßenden Gletschern bei mittleren Jahrestemperaturen von —10·0° bis +10·0° finden, besagt das Vorkommen von Glazialspuren in thermischer Hinsicht nicht mehr, als daß an ihrem Bildungsorte zu ihrer Bildungszeit die Mittelwärme innerhalb dieser weiten Grenzen lag. Man darf nicht hoffen, stets geologische Begleiterscheinungen zu treffen, durch die dieser große thermische Spielraum eingeschränkt würde.

Hätte die Hochsommerwärme an dem ins Meer gelangten Gletscher des indischen Salzgebirges gleich jener an den Stirnen des Muirgletschers und des Eisstromes in der Lagune von San Rafael 14·0° betragen, so ergäbe sich bei zeitlichem Zusammenfallen der indischen Vereisung mit der Fusulinenherrschaft in den nordischen Meeren — die für diese eine Sommerwärme von 24·0° voraussetzen läßt — folgende Sachlage:

	Nordisches Fusulinenmeer, mittlerer Teil	Stirnrand des Gletschers der Salzkette
Geographische Breite	60	33
Orthotemperatur	24	14
Morphogene Paläotemperatur....	2	15
Allogene Diakrine	+22	—1

Über dieses Resultat, daß ein Wärmevorsprung von 10° in um 27° geringerem Polabstande, weil das paläogeographische Bild einen Temperaturrückstand von 13° ergibt, auf eine voraussichtlich solarklimatische Mehrbegünstigung um 23° hinweist, könnten die Krustendreher ihre helle Freude haben. Dem, der ihren Ansichten zurückhaltend gegenübersteht, erscheint es nur als Zeichen, daß die geologischen Erfahrungen noch nicht

ausreichen, um die morphogenen Paläoisothermen den mit ihrer Konstruktion erstrebten Zweck erfüllen zu lassen: durch Feststellung der auf Rechnung geänderter Land- und Wasserverteilung zu setzenden Temperaturabweichungen von der Gegenwart zur Kenntnis der Größe und Verteilung von auf Änderungen des Solarklimas zu beziehenden thermischen Abweichungen zu gelangen und so zu ergründen, von welcher Art der solarklimatische Faktor war, dessen Veränderung jene letzteren Abweichungen bedingte.

Tafelerklärung.

Oberes Kärtchen: Die dick ausgezogenen Linien entsprechen den morphogenen Juliisothermen über Osteuropa und Westasien zur Zeit der Paläodyas auf Grund der für diese Zeit gegebenen Rekonstruktion von F. Frech.

Die punktierten Linien stellen — zum Vergleich der Breitenlagen — die jetzigen Jännerisothermen über dem südatlantischen Ozean südwestlich von Südafrika in nordhemisphärischer Orientierung dar. (Die Parallelkreise bleiben dieselben, die Meridiane bedeuten um 55° verminderte westliche Längen: 45° = 10° E v. G., 65° = 10° W v. G.)

Der mit S. A. bezeichnete Raum in der Südwestecke des Kärtchens gibt für die gewählte Koordinatenorientierung die Lage der Südspitze Afrikas an.

Unteres Kärtchen: Die dick ausgezogenen Linien entsprechen den morphogenen Isodiakrinen des Juli in Osteuropa und Westasien für die Paläodyaszeit auf Grund der Rekonstruktion von F. Frech.

Die gestrichelten Linien stellen die jetzigen Juliisothermen über dem eingezeichneten Gebiete dar.

Für die Schnittpunkte beider Liniensysteme sind die Paläoisothermen des oberen Kärtchens die geometrischen Orte.

F. Kerner v. Marilaun: Klimakomponente der permischen Eiszeit Indiens.

